

Aus der Kinderchirurgischen Klinik und Poliklinik

im Dr. von Haunerschen Kinderspital

der Ludwig-Maximilians-Universität München

Direktor: Prof. Dr. Dietrich von Schweinitz

**Frakturen am distalen Humerus im Kindesalter -
Behandlungsergebnisse und Überlegungen zum Frakturmechanismus**

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin

an der Medizinischen Fakultät der

Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Sandra Teschemacher, geb. Hartmann

aus

München

2018

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Hans-Georg Dietz

Mitberichterstatter: PD Dr. Volker Braunstein

Dekan: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

Tag der mündlichen Prüfung: 22.03.2018

Eidesstattliche Versicherung

Teschemacher, Sandra

Ich erkläre hiermit an Eides statt,
dass ich vorliegende Dissertation mit dem Thema

Frakturen am distalen Humerus im Kindesalter - Behandlungsergebnisse und Überlegungen zum Frakturmechanismus

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, 28.04.2017

S. Teschemacher

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	4
1.1. Frakturen im Kindesalter.....	4
1.2. Anatomie des Ellbogengelenks.....	6
1.2.1. Skelett.....	6
1.2.2. Articulatio cubiti	7
1.2.3. Bandapparat	8
1.2.4. Muskulatur	8
1.2.5. Nervenbahnen.....	8
1.2.6. Gefäße	9
1.2.7. Bewegungsachsen	10
1.3. Spezielle Aspekte der Frakturen im Kindesalter	10
1.3.1. Periost.....	11
1.3.2. Knochenentwicklung	11
1.3.3. Knochenkerne.....	12
1.3.4. Aufbau der Epiphysenfuge	13
1.3.5. Frakturheilung	14
1.3.6. Korrekturpotenzial	15
1.4. Frakturklassifikationen	17
1.4.1. Fraktуреinteilung nach Salter/Harris.....	18
1.4.2. Fraktуреinteilung nach Aitken.....	19
1.4.3. Fraktуреinteilung nach AO Klassifikation	19
1.4.4. LiLa Fraktуреinteilung.....	22
2. Frakturen des distalen Humerus im Kindesalter	24
2.1. Frakturtypen im Kindesalter.....	24
2.2. Frakturen des distalen Humerus	24
2.2.1. Entstehungsmechanismen	25
2.2.2. Fraktur des Epicondylus ulnaris.....	25
2.2.3. Fraktur des Epicondylus radialis.....	27
2.2.4. Fraktur des Condylus ulnaris	28
2.2.5. Fraktur des Condylus radialis	29
2.2.6. Bicondyläre Y- Fraktur	31
2.2.7. Luxationsfraktur	33

2.3. Operationsmethoden	34
2.3.1. Kirschnerdrahtosteosynthese	35
2.3.2. Osteosynthese mit Schrauben	36
2.4. Problematik von Komplikationen	37
2.4.1. Frühkomplikationen	37
2.4.1.1 Schmerz	37
2.4.1.2. Durchblutung.....	38
2.4.1.3. Sensibilität	38
2.4.1.4. Wundheilungsstörung/ Infektion	39
2.4.2. Spätkomplikationen	39
2.4.2.1. Bewegungseinschränkung.....	39
2.4.2.2. Pseudarthrose	40
2.4.2.3 Refraktur.....	41
2.4.2.4 Fehlstellung	41
2.4.2.5. Wachstumsstörung	41
2.4.2.6. vorzeitiger Epiphysenfugenschluss	42
3. Material und Methoden	44
3.1. Patienten	44
3.2. Methodik	44
4. Ergebnisse.....	46
4.1. Einzelvariablenauswertung	46
4.1.1. Alter	46
4.1.2. Geschlecht	47
4.1.3. Seitenangabe	48
4.1.4. Unfallursache.....	48
4.1.5. Frakturtyp	49
4.1.6. Operationsindikation.....	50
4.1.7. Operationstechnik	51
4.1.8. Operationsdauer	52
4.1.9. Ruhigstellungsdauer	54
4.1.10. Präoperative Besonderheiten	55
4.1.11. Erste klinische Kontrolle postoperativ	56
4.1.12. Erste Röntgenkontrolle postoperativ	58
4.1.13. Zweite klinische Kontrolle postoperativ	61

Frakturen am distalen Humerus im Kindesalter - Behandlungsergebnisse und Überlegungen zum Frakturmechanismus

4.1.14. Zweite Röntgenkontrolle postoperativ	64
4.1.15. Metallentfernung	67
4.1.16. Dritte klinische Kontrolle postoperativ	70
4.1.17. Spätkomplikationen	74
4.2. Analyse von Abhängigkeiten und Zusammenhängen	76
4.2.1. Abhängigkeit des Alters und der Geschlechterverteilung von Unfallmechanismus und Spätkomplikationen	76
4.2.2. Häufigkeitsverteilung des Auftretens von Spätkomplikationen in Bezug auf Unfallmechanismus, Operationstechnik, Operationsdauer und Ruhigstellungszeit	77
4.2.3. Zusammenhang von Operationstechnik und Operationsdauer	79
4.3. Frakturtypbezogene Ergebnisauswertung	79
5. Diskussion.....	84
6. Zusammenfassung.....	107
7. Literaturverzeichnis.....	112
8. Abkürzungsverzeichnis	119
9. Anhang.....	121
10. Danksagung	122
11. Lebenslauf	Fehler! Textmarke nicht definiert.

1. Einleitung

1.1. Frakturen im Kindesalter

Betrachtet man die Verletzungen während des Wachstumsalters, stehen Frakturen nach Prellungen, Distorsionen und offenen Wunden an der vierten Stelle der Verletzungsreihenfolge. Zudem treten Frakturen wesentlich häufiger im Kindesalter als im Erwachsenenalter auf. Dies liegt zum einen am mangelnden Einschätzungsvermögen potenzieller Gefahren, zum anderen an der Tatsache, dass sich das Skelett in der Wachstumsphase befindet und der Knochen physiologische Schwachstellen aufweist. Prozentual gesehen liegen circa 3/4 aller Frakturen des Kindesalters im Bereich der oberen Extremität. Hiervon wiederum betreffen knapp 1/5 die Ellbogenregion (siehe auch Tab. 1) [1].

TABELLE 1			
Häufigkeitsverteilung der Frakturen der langen Röhrenknochen im Wachstumsalter			
Zweistelliger Lokalisationscode	Region	Anzahl	Prozent
1.1.	proximaler Humerus	73	4,1
1.2.	Humerusdiaphyse	20	1,1
1.3.	distaler Humerus	278	15,6
2.1.	proximaler Unterarm	68	3,8
2.2.	diaphysärer Unterarm	193	10,8
2.3.	distaler Unterarm	728	40,8
Summe	obere Extremität	1 360	76,3
3.1.	proximales Femur	11	0,6
3.2.	Femurdiaphyse	57	3,2
3.3.	distales Femur	25	1,4
4.1.	proximaler Unterschenkel	36	2,0
4.2.	diaphysärer Unterschenkel	128	7,2
4.3.	distaler Unterschenkel	166	9,3
Summe	untere Extremität	423	23,7
Gesamt		1 783	100

Tab. 1 Häufigkeitsverteilung der Frakturen im Kindesalter

(Kraus, R.; Wessel, L. - Deutsches Ärzteblatt 12/2010) [2, pp. 903-910]

Um Spätschäden, vor allem Bewegungseinschränkungen des Ellbogens und damit verbundene Funktionsstörungen der oberen Extremität zu minimieren, ist eine adäquate Behandlung

unter Berücksichtigung der anatomischen Verhältnisse und des Wachstumspotenzials des Skelettsystems obligat. Sowohl Anamnese, Diagnostik, radiologische Bildgebung, Verifikation der Operationsindikation und Wahl der Operationsmethode, als auch Ruhigstellungsdauer, klinische Kontrolluntersuchungen und Entfernung des Osteosynthesematerials sind bedeutende Bestandteile einer altersgerechten Therapie.

In der vorliegenden Arbeit wird zunächst auf den anatomischen Aufbau des Ellbogengelenks, die Besonderheiten des Skelettsystems im Kindesalter, die verschiedenen Frakturen des Ellbogengelenks und deren operative Standardtherapien eingegangen. Diese Analyse gibt einen Überblick über die Fraktureinteilungen, die im Rahmen von Frakturen während der Wachstumsphase zur Anwendung kommen und stellt die Besonderheiten der potenziellen Komplikationen im Wachstumsalter dar. Zudem beschäftigt sich diese Arbeit mit den Frakturen am distalen Humerus im Kindesalter, die in den Jahren 2003-2013 in der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital der Ludwig-Maximilians-Universität München operativ behandelt worden waren. Es wird auf die verschiedenen Frakturtypen, die Epidemiologie, die Operationsdaten, die klinischen und radiologischen Ergebnisse zu unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten und die auftretenden Komplikationen eingegangen. Eine Vielzahl an Publikationen berichtet über die einzelnen Frakturtypen des distalen Humerus, deren Klassifikationen, Behandlungsstrategien und aufgetretenen Komplikationen. Die Ergebnisse der Autoren und Abhandlungen aus Standardwerken der Literatur lassen sich zur Diskussion heranziehen, und Übereinstimmungen bzw. signifikante Unterschiede zum eigenen Patientenkollektiv können herausgestellt werden.

Ziel dieser retrospektiven Analyse ist es, eine Auswertung des eigenen Patientenkollektivs zu erstellen und Übereinstimmungen bzw. Abweichungen im Vergleich zu vorhandenen Studienergebnissen herauszuarbeiten. Zudem sollen an Hand der gewonnenen Daten Rückschlüsse auf biomechanische Aspekte in Bezug auf den Frakturmechanismus herausgestellt und erörtert werden. Dies soll Aufschluss geben über die Häufung der Frakturen des Condylus radialis und des Epicondylus ulnaris.

1.2. Anatomie des Ellbogengelenks

Der Ellbogen besitzt einen komplexen Gelenkaufbau. Durch die radiologisch nicht sichtbaren knorpeligen Anteile und das Auftreten der Knochenkerne zu unterschiedlichen Zeitpunkten des Wachstums wird die Diagnostik von Frakturen in diesem Skelettbereich zudem erschwert. Nur bei genauer Kenntnis der anatomischen Strukturen kann initial die korrekte Diagnose gestellt und die adäquate Therapie eingeleitet werden. Im nachfolgenden Abschnitt wird der anatomische Aufbau der Ellbogenregion erläutert.

1.2.1. Skelett

Das Ellbogengelenk wird von drei Knochen gebildet: Humerus, Radius und Ulna. Alle drei werden den langen Röhrenknochen zugeordnet. Im Querschnitt sind ihre Corpora dreieckig. Während der Radius proximal schmal ist und sich nach distal verbreitert, liegen die Verhältnisse bei der Ulna umgekehrt vor [3, p. 42]. Am Aufbau des Ellbogengelenks sind folgende knöchernen Strukturen beteiligt: Humeral handelt es sich um Epicondylus medialis und lateralis, sowie Trochlea und Capitulum humeri. Hinzu kommen Collum und Caput radii mit der Circumferentia articularis radiallyseitig und das Olecranon mit Incisura trochlearis, Processus coronoideus und Incisura radialis ulnarseitig (siehe auch Abb. 1) [4, pp. 665-666].

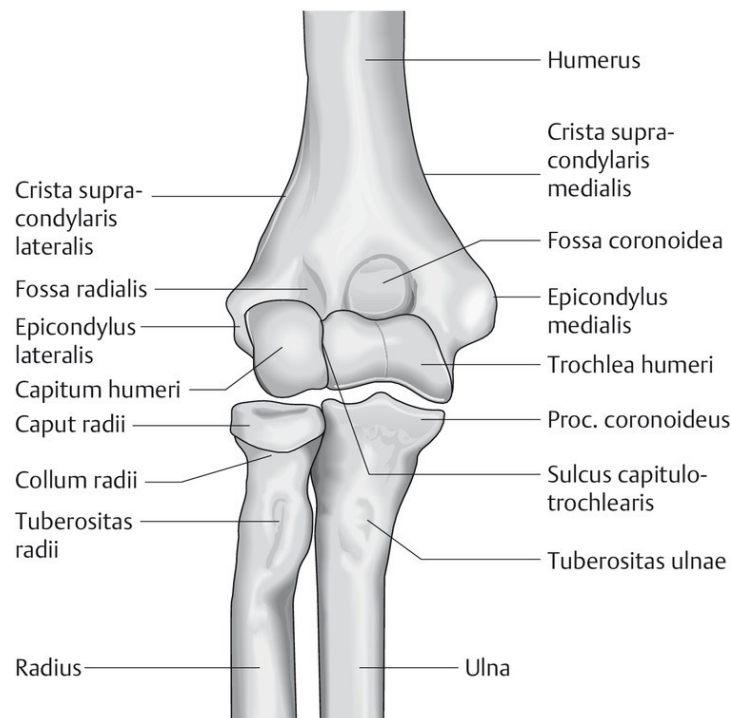


Abb. 1 Knöcherner Aufbau des Ellbogengelenks

(Schmidt-Horlohé, K.; Becker, L.; Hoffmann, R. - OP-Journal 01/2012) [5, pp. 4-12]

1.2.2. Articulatio cubiti

Die Articulatio cubiti besteht aus drei Teilgelenken, die von einer gemeinsamen Gelenkkapsel umgeben werden.

1. Articulatio humero-ulnaris. Gelenk zwischen Trochlea humeri und der Incisura trochlearis ulnae. Es handelt sich um ein klassisches Scharniergelenk mit einer Achse und der Fähigkeit den Ellbogen zu Beugen und zu Strecken.
2. Articulatio humero-radialis. Drehscharniergelenk, das durch das Caput radii und das Capitulum humeri gebildet wird. Es besitzt zwei Achsen, somit ist es für die Flexion - Extension und die Pronation - Supination verantwortlich.
3. Articulatio radio-ulnaris proximalis. Sie wird durch das Caput radii und die Incisura radialis ulnae gebildet. Als Radgelenk ist es einachsrig und ermöglicht die Bewegung von Pronation und Supination.

[4, pp. 666-667]

1.2.3. Bandapparat

Die Kapsel des Ellbogengelenks wird durch drei Bänder verstärkt:

- Ligamentum collaterale ulnare (Innenband)
- Ligamentum collaterale radiale (Außenband)
- Ligamentum anulare radii (Ringband)

Das Innenband verläuft vom Epicondylus medialis zur medialen Seite der Incisura trochlearis der Ulna. Der Ursprung des Außenbandes ist der Epicondylus lateralis. Ansatz des Lig. collaterale radiale ist das Ringband, da es bei direkter Insertion am Radius zur Blockade der Beweglichkeit von Pronation und Supination kommen würde. Das Ligamentum anulare radii hat sowohl Basis als auch Ansatzpunkt an der Ulna und legt sich wie eine Schlinge um den Radius Hals. [6, pp. 176-178]

1.2.4. Muskulatur

Die Bewegungen im Ellbogengelenk werden durch Muskeln, sowohl aus dem Oberarm- als auch aus dem Unterarmbereich, ermöglicht. An der Extension der Articulatio cubiti sind der M. triceps brachii und der M. anconeus beteiligt. Für die Flexion ist ein weitaus komplexeres Zusammenspiel der verschiedenen Muskelgruppen notwendig. Im Einzelnen handelt es sich um den M. biceps brachii und den M. brachialis, die an der Scapula bzw. dem superioren Anteil des Humerus entspringen und die Mm. brachioradialis, extensor carpi radialis longus, pronator teres und flexor carpi radialis, die ihren Ursprung am distalen Humerus bzw. Epicondylus medialis haben. Die Supination kontrollieren der M. biceps brachii, der M. supinator und der M. brachioradialis. Für die Pronation sind die Mm. pronator teres, pronator quadratus und flexor carpi radialis unersetzbar. [4, p. 669]

1.2.5. Nervenbahnen

Im Bereich der Articulatio cubiti sind vor allem der N. medianus, der N. ulnaris und der N. radialis mit seinen beiden Endästen R. superficialis und R. profundus von Bedeutung [6, p. 241]. Bei Verletzungen des jeweiligen Nerven, sei es durch den Unfall selbst oder iatrogen im Rahmen der Operation, können sowohl motorische („Schwurhand“,

„Krallenhand“, „Fallhand“), als auch sensible Defizite der jeweiligen Versorgungsbereiche auftreten. Oberflächlich befinden sich im Ellbogenareal die Nn. cutaneus antebrachii medialis und lateralis. Eine Schädigung dieser beiden Hautnerven manifestiert sich als sensible Störung der entsprechenden Hautregion [6, p. 238].

1.2.6. Gefäße

Venen, Arterien und Nervenbahnen verlaufen in einer Gefäß-Nerven-Straße. Die Hauptvenen im Gelenkbereich des Ellbogens sind die V. brachialis und die V. basilica. Es existieren zudem einige oberflächlich gelegene Hautvenen, welche jedoch bei Verletzungen und Operationen eine untergeordnete Rolle spielen. Arteriell sichert die A. brachialis die Hauptversorgung. Sie teilt sich in der Tiefe der Ellenbeuge in die A. radialis und die A. ulnaris. Die arterielle Versorgung wird durch jeweils eine A. recurrens radialis/ulnaris und eine A. interossea anterior/posterior vervollständigt (siehe Abb. 2). Diese bilden Kollateralkreisläufe im Bereich des Ellbogens. [4, pp. 670-673]

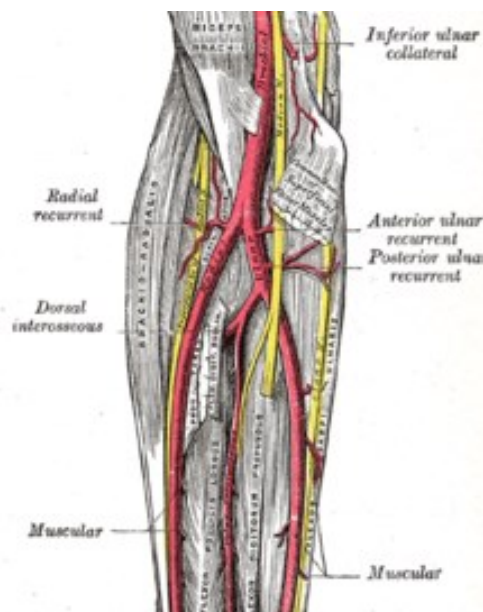


Abb. 2 Gefäß-Nerven-Strang im Bereich der Ellenbeuge

(www.wikibooks.org - 2006) [7]

1.2.7. Bewegungsachsen

Für das Ellbogengelenk ist eine physiologische Valgusstellung von 160°-180° bekannt. Abweichungen hiervon werden als Cubitus valgus (Cubitalwinkel < 160°) oder Cubitus varus (Cubitalwinkel >180°) bezeichnet.

Die Bewegungen des Unter- und Oberarmes im Ellbogengelenk finden in zwei Ebenen statt. Die beiden daraus resultierenden Bewegungsachsen ermöglichen die Extension/Flexion und die Pronation/Supination.

Für die Extension bzw. Flexion ist neben dem Humeroradialgelenk hauptsächlich das Humeroulnargelenk verantwortlich. Nach der Neutralnullmethode ist ein Bewegungsausmaß von 5°- 0°- 150° als Normwert anzusehen [4, p. 667]. Abweichungen hiervon sind auf Grund geschlechtlicher und physiologischer Gegebenheiten nicht selten. Beispielshalber können Menschen mit kräftig ausgebildeter Muskulatur weniger stark beugen oder mit bestehender Bandlaxität weiter strecken. Bei Kindern sind auf Grund der speziellen Gelenkanatomie eine Hyperextension und eine Valgisierung des Ellbogens als physiologische Normvarianten anzusehen. Für ein komplikationsloses Alltagsleben ist nach Morrey ein Bewegungsumfang von 100° im Ellbogengelenk notwendig [8].

Die Umwendbewegung des Unterarmes wird vor allem durch das proximale Radioulnargelenk und zu geringem Anteil durch das Humeroradialgelenk ermöglicht. Normalerweise beträgt die Beweglichkeit 90°- 0°- 90° in Neutralnullschreibweise.

Ein reibungsloser Tagesablauf kann allerdings schon mit einem Bewegungsumfang von 50°- 0°- 50° bewältigt werden [9].

1.3. Spezielle Aspekte der Frakturen im Kindesalter

Der allgemein gebräuchliche Ausspruch „Kinder sind keine kleinen Erwachsenen“ sollte allgegenwärtig sein. Aus diesem Grund ist es außerordentlich wichtig, die anatomischen und physiologischen Unterschiede des wachsenden Skelettsystems zu kennen. Der folgende Abschnitt verdeutlicht die wesentlichen Merkmale des Wachstumsalters, da nur die Kenntnis der im Kindesalter auftretenden Besonderheiten eine adäquate Diagnostik und Therapie erlaubt.

1.3.1. Periost

Das Periost umgibt alle Knochen des Skelettsystems - mit Ausnahme der knorpeligen Gelenkflächen - wie eine Hülle. Durch das Periost und die in den Volkmann Kanälen gelegenen Perforansgefäße wird die Ernährung des Knochens gesichert. Im Erwachsenenalter dient die Knochenhaut hauptsächlich dem Schutz des Knochens, während in der Wachstumsphase das Dickenwachstum des Knochens vom Periost ausgeht. Zusätzlich besitzt das Periost osteoblastisches Potenzial, das entscheidend für die Frakturheilung verantwortlich ist. Für das Kindesalter spezifisch ist eine sehr kräftige widerstandsfähige Knochenhaut, die sehr gut vaskularisiert ist. Die Entstehung von Grünholz-, Wulst- oder Biegungsfrakturen im Rahmen von Traumata während der Wachstumsphase ist dadurch möglich.

1.3.2. Knochenentwicklung

Röhrenknochen, zu denen die am Aufbau des Ellbogengelenks beteiligten Knochen Humerus, Radius und Ulna gehören, entwickeln sich aus einer knorpeligen Vorstufe. Durch chondrale Ossifikation wird das Knorpelmodell durch Knochengewebe ersetzt. Die Bildung dieses Ersatzknochens kann auf zwei Wegen geschehen: enchondral (im Bereich der Epiphyse) oder perichondral (im Bereich der Diaphyse). Das Längenwachstum der Knochen wird durch enchondrale Ossifikation in der Epiphyse ermöglicht. Zunächst werden Knochenkerne gebildet. Über diese kann die Verknöcherung der Epiphysenfuge bis zum Wachstumsabschluss erfolgen [10, p. 143]. Die perichondrale Ossifikation findet in der Diaphyse statt. Das Dickenwachstum der Knochen wird durch desmale (periostale) Ossifikation erreicht. Hierbei kommt es seitens des Periosts zur Anlagerung von neuem Knochen auf den schon vorhandenen. Zusätzlich wird der Markraum durch endostalen Knochenabbau erweitert (siehe auch Abb. 3). Für die Frakturheilung im Kindesalter ist eine kombinierte Ossifikation chondraler und desmaler Art entscheidend [11, pp. 4-6].

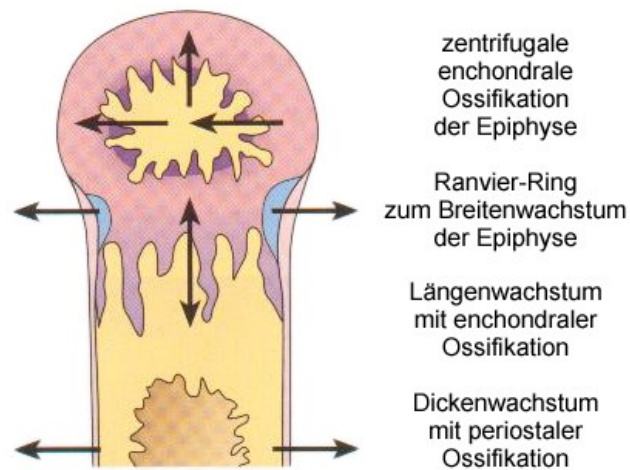


Abb. 3 Ossifikationsformen

(Rössler, H.; Rüther, W. - Orthopädie und Unfallchirurgie - Urban & Fischer 2005) [11, p. 5]

1.3.3. Knochenkerne

Das Auftreten der einzelnen Knochenkerne des wachsenden Skeletts kann radiologisch zu unterschiedlichen Zeitpunkten, in Abhängigkeit von Geschlecht und individueller Entwicklung, dargestellt werden (siehe Abb. 4).

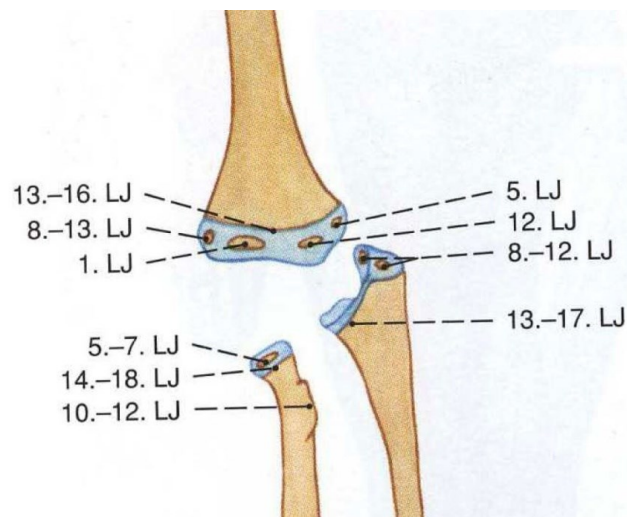


Abb. 4 Auftreten der Knochenkerne

(Putz, R.; Pabst, R. - Sobotta - Atlas der Anatomie Bd. 1 - Urban & Fischer 2000)

[6, p. 8]

Im Bereich des Ellbogengelenks ist das Verständnis des zeitlichen Auftretens der Knochenkerne des Capitulum humeri, der Trochlea humeri, des Epicondylus medialis und lateralis, sowie des Olecranon und des Caput radii von Bedeutung. Die Kenntnis dieses Aspektes des Knochenwachstums ist essentiell, um Röntgenaufnahmen im Wachstumsalter korrekt beurteilen und Frakturen diagnostizieren zu können. Nichtsdestotrotz ist eine eindeutige Diagnose auf Grund der Komplexität des Ellbogengelenks und des zeitversetzten Auftretens der am Gelenkaufbau beteiligten Knochenkerne oftmals nicht einfach zu stellen.

1.3.4. Aufbau der Epiphysenfuge

Die Epiphysenfuge ist für das Längenwachstum der Skelettknochen verantwortlich. Die Wachstumsfuge wird in verschiedene Zonen unterteilt (siehe Abb. 5):

1. Germinative Zone: befindet sich am Übergang von Epiphyse zu Epiphysenfuge und beinhaltet die Chondrozytenreserve
2. Proliferationszone: Bereich des Säulenknorpels
3. Hyperthrophiezone: hier findet die Volumenzunahme des Knorpelgewebes statt
4. Mineralisationszone: Umbau der Chondrozyten durch Verkalkung
5. Metaphyse: Bildung von Geflechtknochen durch die Osteoblasten

[10, pp. 143-145]

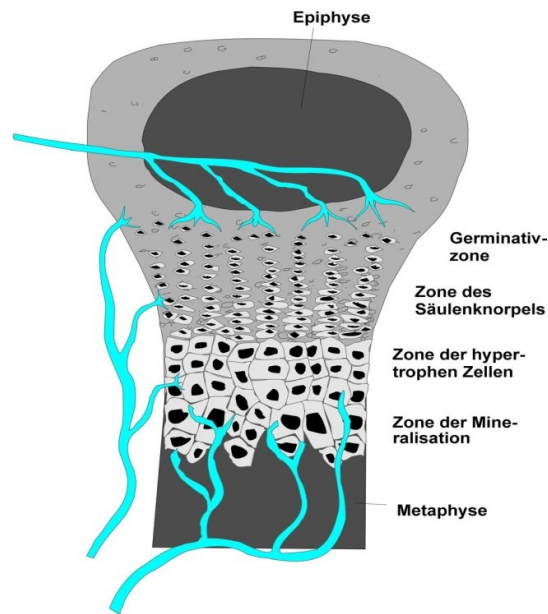


Abb. 5 Aufbau der Epiphysenfuge

(Hefti, F. - Kinderorthopädie in der Praxis - Springer 2006) [12, p. 42]

Der Entwicklungsprozess der Epiphysenfuge lässt sich in drei Phasen untergliedern. Primär ist die Wachstumsfuge weit geöffnet, Mineralisation und Proliferation sind im Gleichgewicht. Dieses Stadium wird als Wachstumsphase bezeichnet. Im Anschluss daran kommt es zu einer Ruhephase, in der die Proliferation zu stoppen beginnt, aber die Mineralisation noch nicht Überhand gewinnt. In diesem Stadium ist ein erneutes Längenwachstum prinzipiell möglich. Letztlich kommt es zum Übertritt in die Verschlussphase. Die Proliferation kommt zum Erliegen, und die Mineralisation greift auf meta- und epiphysäre Abschnitte über. Erst wenn Meta- und Epiphyse radiologisch zumindest partiell miteinander verknöchert sind, kann von Fugenschluss gesprochen werden [13, p. 17]. Der Aufbau der Epiphysenfuge und der Ablauf der Entwicklung verdeutlichen, wie wichtig es ist Frakturen im Kindesalter, die die Epiphysenfuge kreuzen, exakt zu reponieren und auf eine korrekte Heilung zu achten. Komplikationen sind bei Verletzung der germinativen Zone im Sinne von Wachstumsstörungen oder vorzeitigem Fugenschluss nicht auszuschließen.

1.3.5. Frakturheilung

Die Frakturheilung kann auf zwei Arten erfolgen: direkt (primär) oder indirekt (sekundär). Die primäre Frakturheilung basiert auf dem gegenseitigen Druck der Frakturfragmente. Durch das

Einwachsen von Osteonen kommt es zur Bildung von funktionsfähigem Knochen. Die direkte Form der Knochenheilung stellt die Grundlage für die operative Frakturversorgung durch Plattenosteosynthesen dar. Hierbei wird durch die exakte anatomische Reposition, die Kompression der Frakturfragmente und die stabile Fixation durch das Osteosynthesematerial ein möglichst enger Kontakt der Kortikalisflächen erreicht und die direkte Frakturheilung ermöglicht.

Die sekundäre Frakturheilung entspricht der spontanen, natürlichen Knochenheilung, wie sie unter anderem bei konservativer Frakturversorgung erfolgt. Durch die bindegewebige Organisation des Frakturhämatoms kommt es zur Entstehung eines Bindegewebskallus. Die Einwanderung von Chondro- und Osteoblasten ermöglicht dann die Ausbildung einer Kallusbrücke zwischen den Frakturfragmenten. Entsprechend der Beanspruchung des jeweiligen Knochens kommt es im Anschluss daran zum Umbau in Lamellenknochen. Die komplette Wiederherstellung des Knochens nach Fraktur benötigt mehrere Monate bis Jahre. Im Wachstumsalter kann es in diesem Zeitraum zu Spontankorrekturen von Fehlstellungen kommen. Die Phase der chondro- und osteoblastären Einsprossung läuft bei Kindern und Jugendlichen wesentlich rascher und ausgiebiger ab als im Erwachsenenalter. [11, pp. 200-201] [14, pp. 32-33]

1.3.6. Korrekturpotenzial

Im Wachstumsalter kann es zu Spontankorrekturen von posttraumatisch aufgetretenen Fehlstellungen in allen drei Raumebenen kommen. Die Korrektur, mit Ausnahme der Rotationsfehlstellungen, erfolgt entsprechend dem Gesetz nach Roux. Die Ursprungsform sollte wiederhergestellt werden, um unter minimalem Materialaufwand die bestmögliche Belastbarkeit zu gewähren [13, p. 26]. Prinzipiell ist die Korrektur einer Fehlstellung abhängig vom Alter des Kindes, der Lokalisation und der Bewegungsebene des Körpers. Dementsprechend gilt: je jünger das verletzte Kind ist, desto besser kann eine Spontankorrektur stattfinden. Bezüglich der Lokalisation spielen die Epiphysenfugen (siehe Abb. 6), die umgebende Muskulatur und sowohl die statische, als auch die funktionelle Belastung eine entscheidende Rolle. Zu beachten ist, dass sich die hochpotent wachsenden Fugen erst später verschließen als niederpotent wachsende Fugen. Dies hat zur Folge, dass

Fehlstellungen im Bereich der hochpotent wachsenden Epiphysenfugen besser korrigiert werden können [15, p. 8].

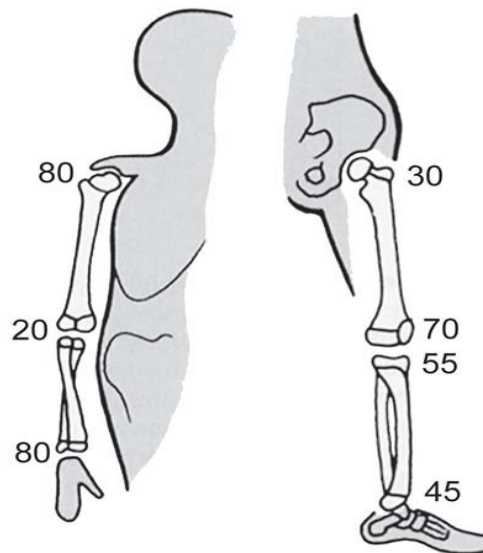


Abb. 6 Anteile der einzelnen Epiphysenfugen am Wachstumspotenzial (Angabe in Prozent) (v.Laer, L.; Kraus, R.; Linhart, W.E. - Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter - Thieme 2012) [13, p. 27]

Eine Spontankorrektur kann bei Abweichungen in der Sagittalebene (Hauptbewegungsebene des Körpers) besser erfolgen als in der Frontalebene. Fehlstellungen nahe an Scharniergelenken, zu denen das Ellbogengelenk zählt, können entgegen der Bewegungsebenen kaum bis gar nicht behoben werden. Hinzukommen bessere Korrekturchancen für Abweichungen in Varus- als in Valgusrichtung [14, pp. 33-34]. Nachfolgend werden die Varianten der häufigen posttraumatischen Fehlstellungen und die zugehörigen Korrekturmechanismen kurz erläutert.

Seit-zu-Seit Verschiebungen werden durch periostales Remodelling korrigiert. Dies bedeutet Knochenaufbau auf der Seite des höheren Drucks und Knochenabbau auf der geringer belasteten Seite des Knochens. Bis zu einem Alter von 10-12 Jahren ist eine Spontankorrektur bis zu einer Verschiebung um eine volle Schaftbreite möglich. [13, p. 27]

Achsabweichungen in der Frontal- und Sagittalebene unterliegen einem kombinierten Korrekturschema. Zum einen spielt das periostal-endostale Remodelling (Anbau periostal, Abbau endostal) im Bereich des Schaftes eine Rolle, zum anderen kommen epiphysäre

Korrekturmechanismen hinzu. Diese bewirken ein asymmetrisches Längenwachstum der beteiligten Epiphyse, bis ein Ausgleich orthograd der Belastungsebene entstanden ist. Auf diese Weise können Achsenknicke von bis zu 60° bei unter 12 Jährigen ausgeglichen werden. [13, pp. 27-28]

Es existieren grundsätzlich keine gezielten Längenkorrekturen [15, pp. 8-9].

Physiologischerweise kommt es im Verlauf des Wachstums zu Veränderungen der Torsionsverhältnisse aller Röhrenknochen. Aus diesem Grund sind ausgleichende Korrekturmechanismen für traumatisch entstandene Rotationsfehler denkbar. Speziell jedoch im Ellbogen und Unterarmbereich gibt es keinerlei Nachweise über stattgefundene Spontankorrekturen. Somit kann eine derartige ungezielte Korrektur an einigen Stellen eventuell per Zufall hilfreich sein, allerdings kann nicht mit einer funktionellen Kompensation gerechnet werden. [14, p. 34]

Apophysen stellen knöcherne Ansatzstellen für Sehnen und Bänder dar. Sie liegen extraartikulär und sind somit nicht am Längenwachstum beteiligt [13, p. 65]. Nichtsdestotrotz kann es klinisch bei inadäquater Reposition von Apophysenlösungen zu Gelenkdeformierungen kommen. Dem zu Grunde liegen ein veränderter Muskelzug und daraus resultierend eine veränderte Gelenkgeometrie. Demnach spielen Apophysen im Hinblick auf Achsabweichungen (Varus, Valgus) dennoch eine gewisse Rolle.

1.4. Frakturklassifikationen

Es existieren verschiedene Möglichkeiten der Fraktureinteilung. Entsprechend der jeweiligen zu Grunde liegenden Klassifikation erfolgt die Gliederung der Frakturen an Hand bestimmter Kriterien. Diese gezielte Einstufung erleichtert die Wahl des adäquaten Vorgehens zur Frakturversorgung und bietet allen beteiligten Kollegen die Möglichkeit ohne Missverständnisse die einzelnen Behandlungsschritte zu verfolgen und weiterzuführen. Zudem existieren für einige Knochenbrüche spezielle Fraktureinteilungen. Diese werden in den entsprechenden Abschnitten des jeweiligen Frakturtyps vorgestellt. Im Folgenden werden die allgemein im Kindesalter gebräuchlichen Einteilungsmöglichkeiten kurz erläutert.

1.4.1. Fraktureinteilung nach Salter/Harris

Salter und Harris haben bereits 1963 erstmals eine Einteilung der Frakturen im Kindesalter mit Beteiligung der Epiphyse vorgenommen. Sie untergliedern die Frakturen im Bereich der Wachstumsfuge in fünf Typen (siehe Abb. 7):

- Typ I: vollständige Epiphysenlösung ohne Verletzung der germinativen Zone
- Typ II: partielle Epiphysenlösung mit metaphysärem Fragment, ohne Verletzung der germinativen Zone
- Typ III: partielle Epiphysenlösung mit epiphysärem Fragment, mit Verletzung der germinativen Zone
- Typ IV: Frakturlinie durch Epi- und Metaphyse, mit Verletzung der germinativen Zone
- Typ V: Kompressionsverletzung der Epiphysenfuge

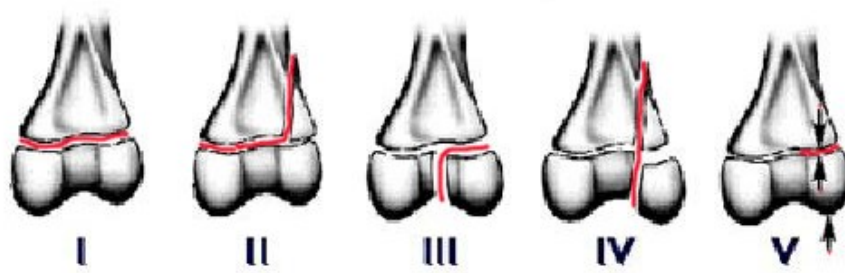


Abb. 7 Einteilung nach Salter/Harris

(Salter, R.B.; Harris, W.R. - The Journal of Bone & Joint Surgery Br 04/1963)

[16, pp. 587-622]

Diejenigen Frakturtypen (Typ I und II), die ohne Verletzung der germinativen Zone einhergehen, führen höchstwahrscheinlich zu keiner dauerhaften Schädigung in Bezug auf das Skelettwachstum im Kindesalter. Orientiert man sich an der aktuellen Studienlage, ist dies jedoch nicht erwiesen. Die Frakturen Typ III und IV nach Salter/Harris verletzen die germinative Zone der Epiphysenfuge und können Wachstumsstörungen im Sinne von Wachstumshemmung oder vorzeitigem Epiphysenfugenschluss hervorrufen. Die Kompressionsverletzung der Wachstumsfuge (Typ V) steht im Verdacht die Gefahr eines vorzeitigen Fugenschlusses zu erhöhen. [11, pp. 204-205]

1.4.2. Fraktуреinteilung nach Aitken

1965 beschäftigte sich Aitken ebenfalls mit der Einteilung der Epiphysenfrakturen. Die Unterteilung entspricht derjenigen von Salter/Harris. Lediglich die Bezeichnung der einzelnen Stadien variiert. Demzufolge ergibt sich folgende Gliederung (siehe Abb. 8):

- Aitken 0 = Salter/Harris I: Epiphysiolyse
- Aitken I = Salter/Harris II: Epiphysiolyse mit metaphysärem Fragment
- Aitken II = Salter/Harris III: Epiphysiolyse mit epiphysärem Fragment
- Aitken III = Salter/Harris IV: Fraktur durch Epi- und Metaphyse
- Aitken IV = Salter/Harris V: Kompressionsfraktur

Bei Frakturen der Kategorien Aitken II und III lässt sich – genau wie bei der Einteilung nach Salter/Harris – ein erhöhtes Risiko einer Wachstumsstörung im weiteren Verlauf ableiten.

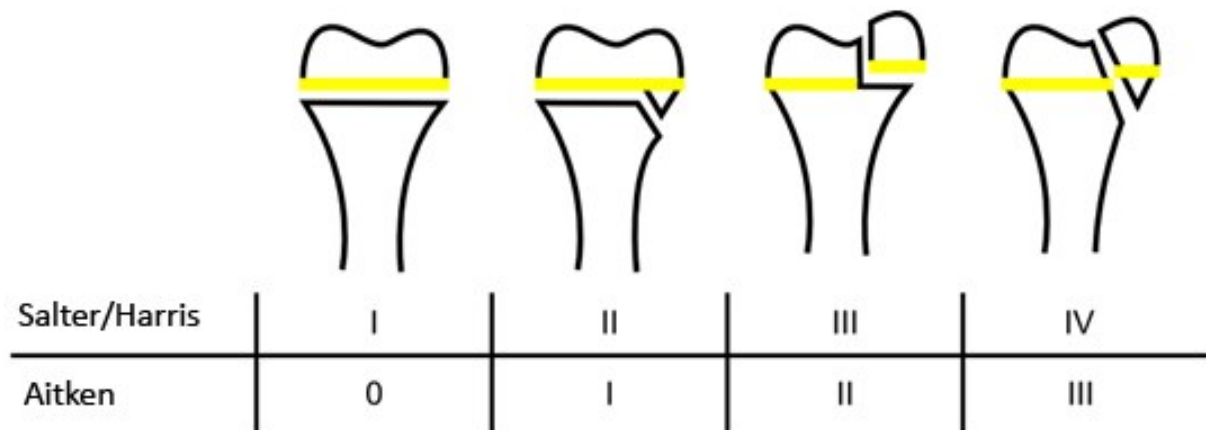


Abb. 8 Fraktуреinteilung nach Salter/Harris bzw. nach Aitken

(Chriudel; Braegel - www.commonswikimedia.org 08/2008) [17]

1.4.3. Fraktуреinteilung nach AO Klassifikation

Die sogenannte AO-Klassifikation ist die Fraktуреinteilung der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen [18]. Hierbei werden die Frakturen mit Hilfe eines fünfstelligen alphanumerischen Codesystems unter Berücksichtigung der Lokalisation und der Beschreibung der Fraktur, sowie der assoziierten Haut-/ Weichteilschäden und der Mitbeteiligung von Gefäßen oder Nerven dargestellt. Die AO Paediatric Expert Group (PAEG), AO Investigation and Documentation (AOCID) und die International Working-Group for

Paediatric Traumatology (IAGKT) haben eine Erweiterung bzw. Änderung des Codesystems von Müller unter Berücksichtigung der Frakturbesonderheiten im Kindesalter entwickelt (siehe Tab. 2).

Zuerst werden die beteiligten Knochen nummeriert: 1= Humerus, 2= Radius/Ulna, 3= Femur, 4= Tibia/Fibula. Ist bei paarig angelegten Knochen nur einer frakturiert, wird die jeweilige Beteiligung durch den Zusatz des Anfangsbuchstabens erkenntlich gemacht (r- Radius, u- Ulna, t- Tibia, f- Fibula). Wenn bei den Knochenpaaren Radius/Ulna und Tibia/Fibula die Frakturen einen unterschiedlichen Schweregrad aufweisen, müssen die Knochen einzeln klassifiziert werden. Einen Sonderfall stellen Luxationsfrakturen wie Galeazzi oder Monteggia dar. In diesem Casus erfolgt nur die Codierung des gebrochenen Knochens.

Zur Unterteilung der genauen Lokalisation erfolgt eine zusätzliche Unterscheidung nach Knochensegmenten. Hier findet man im Kindesalter eine Abweichung zum Erwachsenenbereich: 1= proximale Epiphyse und Metaphyse, 2= Diaphyse, 3= distale Epiphyse und Metaphyse. Die Abgrenzung des metaphysären Bereiches erfolgt durch das nach proximal aufgetragene Quadrat der Fugenbreite des individuellen Knochens. Dies kann auf die angefertigten konventionellen Röntgenbilder aufgelegt werden. Bei paarig angelegten Knochen (z.B. Radius und Ulna) müssen beide Wachstumsfugen zur Beurteilung in das Quadrat eingeschlossen sein.

Die Bewertung der Komplexität (beim Erwachsenen A-B-C) wurde für die Frakturen im Kindesalter modifiziert: D= Diaphyse, M= Metaphyse, E= Epiphyse. Somit ergibt sich auch eine klare Unterscheidung zwischen intra- und extraartikulären Frakturen, da epiphysäre Frakturen per definitionem immer intraartikulär liegen. Die metaphysären Frakturen werden wiederum unter Verwendung des oben genannten Quadrates zugeordnet. Eine Fehlklassifikation kann durch eben jene Identifikation mittels Quadraten vermieden werden [19, pp. 20-24]. Im Kindesalter erfolgt zudem eine Einteilung auf Basis des Frakturmusters (ausführliche Gliederung in unten stehender Übersichtstabelle). Die Einteilung des Schweregrades wird sehr allgemein angegeben durch: 1= leicht, 2= mittel (Dreifragmentfraktur mit Dislokation), 3= schwer (>3 Fragmente). Die fünfte Position des Codes ist für Ausnahmefälle oder für zusätzliche Differenzierungen vorgesehen. So ist es zu erklären, dass diese nicht immer angegeben ist.

Frakturen am distalen Humerus im Kindesalter - Behandlungsergebnisse und Überlegungen
zum Frakturmechanismus

POSITION	BEZEICHNUNG	CODIERUNG
1	Knochen	1= Humerus 2= Radius/Ulna 3= Femur 4= Tibia/Fibula
2a	Segment	1= proximale Epi-/Metaphyse 2= Diaphyse 3= distale Epi-/Metaphyse
2b	Zusatzbezeichnung bei paarigen Knochen	r= Radius u= Ulna t= Tibia f= Fibula
3	Typ	E= Epiphyse M= Metaphyse D= Diaphyse
4	Frakturmuster	E1+2= Salter/Harris I und II E3+4= Salter/Harris III und IV E5= Tillauxfraktur (two plane) E6= tri plane Fraktur E7= knöcherner Bandausriss E8= Flakefrakturen E9= andere Frakturen M2= Wulst-/Spiral-/Grünholzfraktur M3= komplette Fraktur M7= Avulsionsverletzung D1= Bowing fracture D2= Grünholzfraktur D3= Toddler fracture D4= komplette Querfraktur (<30°) D5= komplette Längs-/Spiralfraktur (>30°) D6= Monteggiafraktur D7= Galeazzifraktur
5	Schweregrad	1= einfache Fraktur 2= Keilfraktur (teilweise instabile Frakturen mit 3 Fragmenten davon 1 disloziert) 3= komplexe instabile Frakturen >3 Fragmente
6	Ausnahmefälle (supracondyläre Humerusfraktur; Radiuskopffraktur)	I= keine Dislokation II= Dislokation < halber Knochendurchmesser III= Dislokation > halber Knochendurchmesser

**Tab. 2 Übersichtstabelle der AO - Klassifikation im Kindesalter nach Slongo & Audigé
(Slongo, T.; Audigé, L. - www.aofoundation.org 09/2007) [20]**

1.4.4. LiLa Fraktureinteilung

Der Verein „Licht und Lachen für kranke Kinder. Effizienz in der Medizin e.V.“ (kurz: LiLa) erstellte im Jahr 2000 ein Klassifikationssystem für Frakturen langer Röhrenknochen im Wachstumsalter [21]. Ähnlich der AO - Fraktureinteilung nach Slongo berücksichtigt die LiLa - Klassifizierung (siehe Tab. 3) die Lokalisation, das Knochensegment, die Morphologie und das Dislokationsausmaß der Fraktur. Ausnahmefälle werden mit eingeschlossen; somit ergibt sich ebenfalls ein 5 bzw. 6 stelliger Code.

Anhand der ersten Position kann die Lokalisation im Skelett abgelesen werden: 1= Humerus, 2= Radius/Ulna, 3= Femur, 4= Tibia/Fibula.

Die zweite Stelle kennzeichnet das Knochensegment: 1= proximale Epi-/Metaphyse, 2= Diaphyse, 3= distale Epi-/Metaphyse. In Anlehnung an die AO - Klassifikation wird die Metaphyse mit einem Quadrat über der entsprechenden Epiphysenfuge definiert (Zirkelschlag von den Ecken der Fuge aus - siehe Abb. 9). [22]

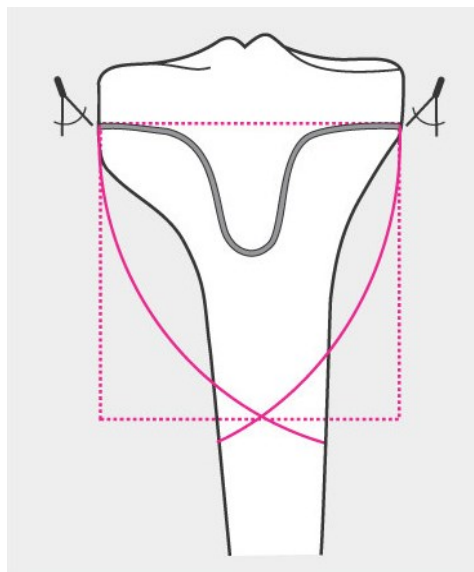


Abb. 9 Definition des Quadrates zur Bestimmung der Metaphyse

(www.li-la.org 2007) [23]

Die Morphologie wird an dritter Stelle differenziert: a= Gelenk, s= Schaft. Wobei nur eine Fraktur mit Beteiligung der Gelenkfläche mit a bezeichnet wird. D.h. die Epiphysenlösung ist als peripherste Schaftfraktur anzusehen.

Unter Position vier wird zusätzlich eine Spezifizierung der Frakturmorphologie vorgenommen. Die ausführliche Untergliederung wird in nachfolgender Übersichtstabelle (Tabelle 3) dargestellt.

Das Dislokationsausmaß wird an Stelle 5 der LiLa - Klassifikation unter Bezug auf das Korrekturpotenzial des kindlichen Skelettsystems in drei Gruppen eingeteilt: 0= undisloziert, 1= tolerabel, 2= nicht tolerabel. Allerdings unterliegt die Definition eines tolerablen Dislokationswinkels der subjektiven Meinung des Betrachters [24].

Die sechste Position im Codesystem behandelt die Einteilung der Ausnahmefälle. Darunter zählen im Rahmen der LiLa - Klassifikation nur Frakturen der nicht tragenden Paarknochen, sprich Frakturen der Ulna und der Fibula.

POSITION	BEZEICHNUNG	CODIERUNG
1	Lokalisation im Skelett	1= Humerus 2= Radius/Ulna 3= Femur 4= Tibia/Fibula
2	Knochensegment	1= proximale Epi-/Metaphyse 2= Diaphyse 3= distale Epi-/Metaphyse
3	Morphologie	a= Gelenk s= Schaft
4	Spezifizierung der Morphologie	a1= Salter/Harris III a2= Salter/Harris IV a3= two plane Fraktur a4= tri plane Fraktur a5= andere oder statistisch vernachlässigbar (prox./dist. Radius; prox. Humerus; Femur) <hr/> s1= Salter/Harris I und II s2= Bowing-/Grünholz-/metaphysäre Stauchungsfraktur s3= Quer-/Schräg-/Torsionsfraktur s4= Mehrfragmentfraktur s5= andere
5	Dislokationsausmaß	0= undisloziert 1= tolerabel 2= nicht tolerabel
6	Ausnahmefälle	u= Ulna f= Fibula

Tab. 3 Übersichtstabelle der LiLa - Klassifikation nach von Laer [23]

2. Frakturen des distalen Humerus im Kindesalter

2.1. Frakturtypen im Kindesalter

Die Unterteilung der Frakturen im Kindesalter erfolgt in Abhängigkeit der Lokalisation in metaphysäre Frakturen, Schaftfrakturen (proximaler, mittlerer, distaler Bereich) plus Epiphysenlösungen und Gelenkfrakturen. Sonderformen stellen Kombinations- und Luxationsfrakturen dar. Hauptsächlich spielen jedoch metaphysäre Schaftfrakturen in Form von Stauchungs- oder Wulstbrüchen eine Rolle. Sie entstehen durch axiale Gewalteinwirkung und stellen sich als Eintauchung von Spongiosa und Kortikalis dar. Gelenkfrakturen sind im Kindesalter selten zu finden, da die beim Unfall einwirkenden Kräfte über die noch offenen Epiphysenfugen abgefangen und umgeleitet werden. Zudem kommen für das Wachstumsalter typische Frakturen, zu denen die Grünholzfraktur (Kortikalis konvexseitig durchgebrochen und konkavseitig durch noch stehendes Periost fixiert) oder Bieungsbrüche der Meta- und Diaphyse gezählt werden, vor [13, pp. 61-65]. Die Prädispositionsstelle der Grünholzfraktur stellt der Unterarm dar. Quer-, Schräg- oder Torsionsfrakturen können sich im Kindesalter ereignen, sind jedoch vermehrt im Erwachsenenalter existent. Trümmerfrakturen spielen bei kindlichen Frakturen eine untergeordnete Rolle.

2.2. Frakturen des distalen Humerus

Frakturen am distalen Oberarm werden in extraartikulär/supra- bzw. epicondylär und intraartikulär/condylär unterteilt [13, p. 133].

Diese Arbeit beschäftigt sich mit den epicondylären und condylären Frakturen des distalen Humerus im Kindesalter, die zwischen 2003 und 2013 in der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital operativ versorgt wurden. Es handelt sich hierbei um folgende Frakturtypen:

- Frakturen des Epicondylus ulnaris / radialis
- Frakturen des Condylus ulnaris / radialis
- Transcondyläre Y - Frakturen
- Luxationsfrakturen mit Verletzungen des distalen Humerus

2.2.1. Entstehungsmechanismen

Grundsätzlich stellen immer Stürze aus unterschiedlichen Höhen auf den Arm in Extensionsstellung die Unfallursache der Frakturen am distalen Humerus dar. Die Verletzungen ereignen sich beim Sport, auf dem Spielplatz, im häuslichen Bereich oder in der Schule. Grundlegend verantwortlich für Frakturen des Epicondylus ulnaris ist meist ein indirekter Verletzungsmechanismus. Es kann zum einen zum Abriss kommen, wenn bei gestrecktem Ellbogen, eine Torsions - Valgusbewegung stattfindet und es zugleich zu einer plötzlichen Anspannung der Unterarmflexoren kommt. Zum anderen kann diese Fraktur bei einem Sturz auf die Hand entstehen, bei dem der Processus coronoideus gegen die Trochlea humeri schlägt.

Der Condylus radialis frakturiert bei Stürzen auf den ausgestreckten Arm, wenn zeitgleich Zugkräfte in Varusrichtung einwirken. Ebenso kann die Kraftübertragung auf den Radius unter Valgusstress die Ursache sein. Hierbei kommt es zu einer Absprengung der radialen Kondyle durch den proximalen Radius. Eine große Krafteinwirkung auf den Ellenbogen ist für das Vorkommen von Luxationsfrakturen notwendig. Durch einen Sturz auf den in Extension befindlichen Arm mit zusätzlicher Überstreckung im Ellbogengelenk ist die Luxation möglich. Hierbei spielt die Hebelwirkung des Olecranon auf den Humerus eine entscheidende Rolle. Am häufigsten kommt es zur Luxation des gesamten Unterarmes nach dorsal, aber auch Luxationen nach lateral und ventral sind möglich. Hinzu kommen begleitende Frakturen eines oder mehrerer beteiligter Knochen auf Grund der extremen Krafteinwirkung. [15, pp. 157,169-170]

2.2.2. Fraktur des Epicondylus ulnaris

Die Fraktur des Epicondylus ulnaris betrifft die mediale Seite des distalen Humerus. Sie ist relativ selten (1%) und meist mit einer Ellbogenluxation verbunden. Die Diagnosestellung wird durch die noch fehlende Verknöcherung der Trochleaepiphyse erschwert (erfolgt erst mit ca. 9 Jahren). Eine Begleitverletzung des N. ulnaris muss bei Erstvorstellung ausgeschlossen werden. Um im weiteren Verlauf das Risiko von Bewegungseinschränkungen, Fehlstellungen, Wachstumsstörungen und Pseudarthrosen zu minimieren, war bislang eine optimale Rekonstruktion obligat. Die Auswertung neuester Daten von Lim, K.B.L. et al. 2015 zeigt bei isolierten Epicondylus ulnaris Frakturen nach konservativer Behandlung ohne exakte Reposition des Frakturfragmentes sowohl klinisch, als auch funktionell außerordentlich gute

Ergebnisse. Auf Basis dieser Erkenntnisse befürworten die Autoren ein nicht operatives Vorgehen, unabhängig der Größe des Frakturspalt, bei isolierten Epicondylus medialis Frakturen (ohne Einklemmung des Frakturfragments in den Gelenkspalt, Nervenläsion oder offener Fraktursituation) [25]. Spätkomplikationen im Sinne von medialer Instabilität oder Reluxationstendenzen können nach Epicondylus ulnaris Abrissen auftreten. Die Entscheidung zu konservativer oder operativer Therapieform wird durch die Einteilung nach Milch wesentlich beeinflusst [26]:

- Typ I = unverschobene Fraktur
- Typ II = Dislokation, keine Rotationsfehlstellung
- Typ III = Dislokation mit Rotationskomponente

Undislozierte Frakturen können bei gegebener Bandstabilität konservativ mittels einer Ruhigstellung von 3-4 Wochen therapiert werden. Auf Grund des Zuges der am medialen distalen Humerus ansetzenden Handgelenksbeuger ist jedoch die Gefahr der Entwicklung einer Pseudarthrose mit bis zu 80% nicht unerheblich [14, p. 294]. Die Typen II und III bedürfen bei Vorliegen eines in das Gelenk eingeschlagenen Epicondylus ulnaris einer operativen Behandlung mittels Kirschnerdrahtosteosynthese. Zur Vermeidung von avaskulären Nekrosen ist besondere Vorsicht bei der Präparation des OP - Situs bezüglich der dorsal liegenden Gefäßversorgung geboten. Die postoperative Ruhigstellung des betroffenen Gelenks sollte, um eine Ausheilung des Sehnenansatzes zu ermöglichen, ca. 1-2 Wochen betragen. Die Durchführung radiologischer Kontrollen erfolgt zur Dokumentation der Konsolidierung. Der Zeitpunkt der Materialentfernung wird mit 6 bis 12 Wochen post operationem empfohlen. [14, pp. 291-297]

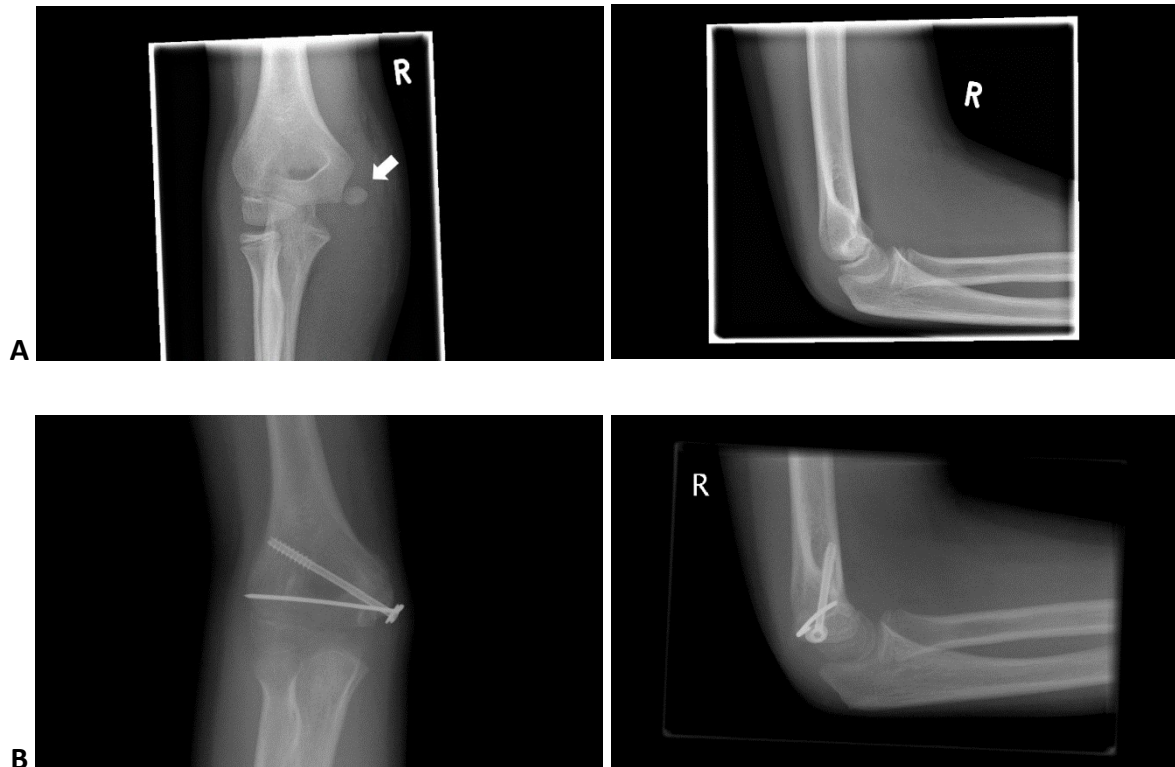


Abb. 10

10 - jähriger Patient mit Epicondylus ulnaris Fraktur:

A präoperative Bilder - Frakturverlauf (siehe Pfeil)

B postoperative Bilder - Osteosynthesematerial einliegend

(Patientenarchiv der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital)

2.2.3. Fraktur des Epicondylus radialis

Die Fraktur des Epicondylus radialis stellt den Abriss der lateralen Apophyse des distalen Humerus dar und tritt äußerst selten auf. Die Diagnosestellung erfolgt durch konventionelle Röntgenaufnahmen in 2 Ebenen. Begleitverletzungen müssen ausgeschlossen werden. Wachstumsstörungen sind bei einem Ausriss des Epicondylus radialis nicht zu erwarten, da es sich bei den Epikondylen um Apophysen handelt, die keinen Anteil am Längenwachstum haben. Spätkomplikationen im Sinne von Bandinstabilitäten oder Reluxationstendenzen des Ellbogens können auftreten. Undislozierte Frakturen können bei gegebener Bandstabilität, ebenso wie die Frakturen des Epicondylus ulnaris, konservativ mittels einer Ruhigstellung von 3-4 Wochen therapiert werden. Bei bestehender Fragmentdislokation wird möglichst eine Refixation mittels Kirschnerdrähten durchgeführt. Die postoperative Ruhigstellung des

betroffenen Gelenks sollte bis zur vollständigen Wundheilung, etwa 1-2 Wochen, erfolgen. Eine radiologische Kontrolle zur Dokumentation der Konsolidierung circa 3 Wochen postoperativ wird empfohlen. Die Materialentfernung sollte maximal 12 Wochen nach Primärversorgung geplant werden. [13, pp. 158-159; 163-165]

2.2.4. Fraktur des Condylus ulnaris

Die Fraktur des Condylus ulnaris stellt eine außerordentlich selten auftretende Fraktur der medialen Humeruskondyle (1-2% aller Ellbogenfrakturen im Kindesalter) [27, p. 333] dar. Sie ist meist mit einer Luxation des Ellbogengelenks vergesellschaftet und tritt erst kurz vor Abschluss des Wachstums auf. Besonderes Augenmerk sollte bei Erstdiagnostik auf eine möglicherweise vorhandene Läsion des N. ulnaris gelegt werden. Eine konservative Behandlung im Oberarmgips (4 Wochen) ist nur bei undislozierten Frakturen möglich. Das Risiko des Auftretens einer sekundären Dislokation, wie sie bei Frakturen des Condylus radialis beobachtet werden kann, besteht auf Grund der anatomischen Verhältnisse (Druck durch den Radiuskopf) bei Frakturen des Condylus ulnaris nicht [13, p. 176]. Nichtsdestotrotz ist eine konventionelle Röntgenkontrolle zur Überprüfung der Lage der Frakturfragmente etwa eine Woche posttraumatisch empfehlenswert. Die operative Stabilisierung der dislozierten Cond. ulnaris Fraktur erfolgt durch Osteosynthese mittels Kompressionschrauben oder K-Drähten. Die postoperative Immobilisation richtet sich nach der angewandten Operationsmethode (3 Wochen nach Kirschnerdrahtfixation, 1-2 Wochen nach Schraubenosteosynthese). Radiologische Kontrollen des Ellbogens in 2 Ebenen zur Bescheinigung der Konsolidierung 4 Wochen postoperativ werden empfohlen. Die Entfernung des Osteosynthesematerials erfolgt 6-12 Wochen nach Versorgung der Fraktur. Spätkomplikationen im Sinne von Wachstumsstörungen sind nach Condylus ulnaris Abrissen eher in kleiner Anzahl zu erwarten. Zwar kann es zu einem vermehrten Wachstum der ulnaren Epiphysenfuge und somit zu einer Valgisierung des Ellbogengelenks kommen, diese fällt jedoch auf Grund des Wachstumspotenzials der Fuge relativ gering aus. [13, pp. 176-177] [14, p. 291]



Abb. 11

13 - jähriger Patient mit Condylus ulnaris Fraktur:

A präoperative Bilder - Frakturverlauf (siehe Pfeil)

B postoperative Bilder - Osteosynthesematerial einliegend

(Patientenarchiv der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital)

2.2.5. Fraktur des Condylus radialis

Die Fraktur des Condylus radialis stellt einen Bruch der lateralen Humeruskondyle dar. Es handelt sich um die häufigste Gelenkfraktur im Kindesalter (15-20% aller Ellbogenfrakturen im Kindesalter) [27, p. 327]. Wie bei der Fraktur des medialen Epicondylus ist stets ein metaphysärer Keil mit betroffen (Typ IV nach Salter/Harris). Auf Grund der anatomischen Verhältnisse ist das Auftreten von Instabilitäten des radialen Seitenbandes und zusätzlichen Verletzungen der Extensoren nicht unwahrscheinlich. Bei noch knorpelig angelegtem Capitulum können diese Frakturen leicht übersehen oder die Dislokation nicht erkannt werden. Die Problematik nicht erkannter dislozierter Frakturen oder einer mäßig guten Reposition stellen Bewegungsdefizite, Achsabweichungen, die avaskuläre Nekrose und das Auftreten von Pseudarthrosen dar. Am schwerwiegendsten sind die Pseudarthrosen einzustufen, die durch den proximo-radialen Fragmentzug zu einer zunehmenden

Valgisierung des Gelenks und dadurch zur Schädigung des Nervus ulnaris führen können. Im Zuge der Condylus radialis Frakturen können sog. Fischeschwanzdeformitäten beobachtet werden. Es handelt sich hierbei um Einziehungen der Trochlea, die vorwiegend radiologisch imponieren und zu keinerlei funktionellen Einschränkungen führen. [27, pp. 327-332]

Die Klassifikation der Condylus radialis Fraktur erfolgt nach Jakob [28]:

- Typ I = inkompletter Abriss, intakte Gelenkfläche
- Typ II = kompletter Abriss, laterale Verkipfung
- Typ III = kompletter Abriss, Rotation um die eigene Achse

Eine konservative Behandlung im Oberarmgips (3-4 Wochen) ist nur bei Frakturen des Typ I nach Jakob mit einer Dislokation <2mm möglich. Es muss immer an eine sekundäre Dislokation, die in den ersten 5 bis 10 Tagen nach stattgehabtem Trauma auftritt, gedacht werden. Die sekundäre Dislokation tritt bei Verletzungen des Condylus radialis, bedingt durch den Zug der dort ansetzenden Extensoren, gehäuft auf. Aus diesem Grund ist eine gipsfreie konventionelle Röntgenkontrolle nach 4-7 Tagen und ggf. nach 14 Tagen obligat. Bei Auftreten einer sekundären Dislokation, gleich welchen Ausmaßes, besteht die Indikation zur Operation. Die operative Stabilisierung (Typ II/III nach Jakob; sekundäre Dislokation) erfolgt entweder bei ausreichend großem Fragment durch Osteosynthese mittels Kleinfragment-Zugschrauben oder durch 2-3 divergierende Kirschnerdrähte. Nur eine exakte Reposition liefert gute Ergebnisse ohne das Auftreten von Spätkomplikationen. Eine postoperative Immobilisation im 90° Oberarmgips erfolgt je nach Alter der Patienten für 3-4 Wochen. Radiologische Kontrollen des Ellbogens in 2 Ebenen sollen zur Bestätigung der Konsolidierung 4 Wochen postoperativ und im Verlauf bei vermutetem Auftreten einer Komplikation oder Wachstumsstörung durchgeführt werden. Die Entfernung des Osteosynthesematerials erfolgt 8-12 Wochen nach Frakturversorgung. [28]



Abb. 12

4 - jähriger Patient mit Condylus radialis Fraktur:

A präoperative Bilder - Frakturverlauf (siehe Pfeil)

B postoperative Bilder - Osteosynthesematerial einliegend

(Patientenarchiv der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital)

2.2.6. Bicondyläre Y- Fraktur

Es handelt sich um eine Fraktur beider Kondylen des distalen Humerus. Durch den Aufprall auf den ausgestreckten Arm wird das Olecranon in die Trochlea hineingedrückt. Dadurch werden die Kondylen Y- förmig gespalten. Die bicondyläre Fraktur tritt sehr selten auf, vornehmlich in der Adoleszenz. Die Diagnostik erfolgt durch konventionelle Röntgenaufnahmen in 2 Ebenen, ggf. ist zur OP Planung zusätzlich ein CT erforderlich. Wachstumsstörungen im Rahmen von bicondylären Frakturen können sowohl ulnar, als auch radial auftreten. Das radiale Mehrwachstum, resultierend in einer varischen Fehlstellung, ist hier dominant. Bei undislozierten Frakturen ist eine konservative Behandlungsstrategie mit Ruhigstellung im Oberarmgips indiziert. Bei Frakturspaltbreite von >2mm erfolgt die operative Reposition und Fixation in der Regel mittels Schraubenosteosynthese. Die postoperative Ruhigstellung erfolgt für 4 Wochen. Die radiologische Dokumentation der Konsolidierung ist obligat. Die

Entfernung des Osteosynthesematerials sollte 8-12 Wochen postoperativ angestrebt werden. Spätkomplikationen im Sinne von Bewegungseinschränkungen und Fehlstellungen des Ellbogens treten vor allem nach dislozierten Mehrfragmentfrakturen auf. [13, pp. 179-180] [14, p. 304]

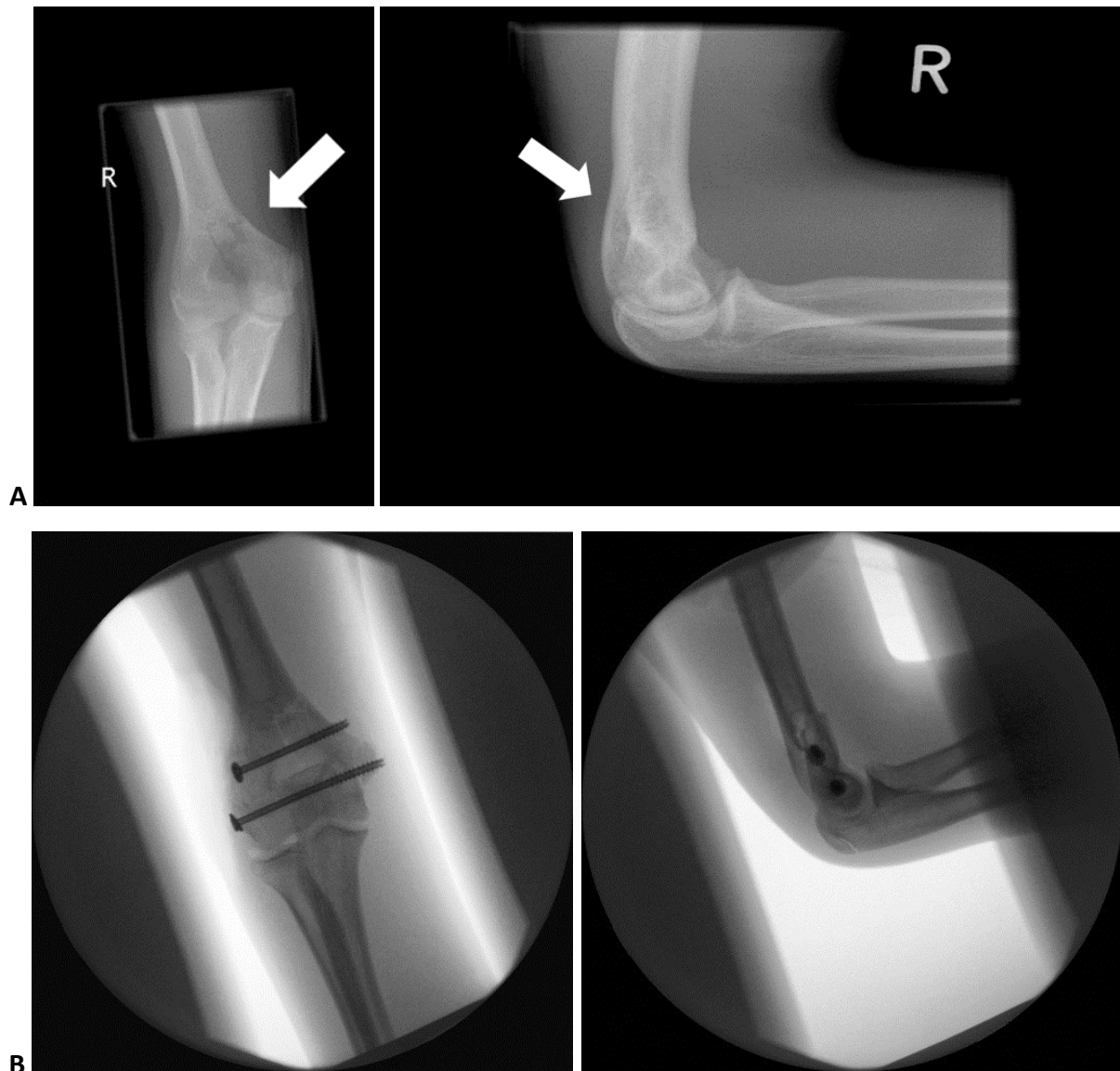


Abb. 13

13 - jähriger Patient mit bicondylärer Y - Fraktur:

A präoperative Bilder - Frakturverlauf (siehe Pfeil)

B postoperative Bilder - Osteosynthesematerial einliegend

(Patientenarchiv der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital)

2.2.7. Luxationsfraktur

Im Kindesalter treten Ellbogenluxationen erst nach dem 7. Lebensjahr auf, da zuvor auf Grund der anatomischen Verhältnisse bei entsprechendem Trauma der Humerus supracondylär frakturiert. Die Luxation des Ellbogens kommt nach der Schulterluxation am zweithäufigsten vor. Führend ist die Luxation des Humerus und des kompletten Unterarmes (Radius und Ulna) nach dorsoradial. Bei der Luxationsfraktur handelt es sich um eine kombinierte Verletzung der Articulatio cubiti, bestehend aus der Ellbogenluxation und einer Fraktur eines angrenzenden Knochens. Am häufigsten ist der Epicondylus ulnaris betroffen, aber auch periostale, chondrale und ossäre Abscherverletzungen des Radiuskopfes, des Capitulum humeri oder des Condylus radialis sind möglich. Seltener kommt es zu Begleitfrakturen des proximalen Radius oder des Processus coronoideus ulnae. Nach Ellbogenluxationen sind radiale und/oder ulnare Bandinstabilitäten regelmäßig vorhanden. Nervenläsionen des N. ulnaris und des N. medianus durch Einklemmung in den Bruchspalt müssen bedacht werden. [13, pp. 162-165]

Die Zahl der Komplikationen wie Reluxationstendenzen, Pseudarthrosen oder dauerhafte funktionelle Bewegungseinschränkungen sind gering. Auf Grund der geringen Traumatisierung der Wachstumsfugen kommt es nach Ellbogenluxationen äußerst selten zu Wachstumsstörungen. Primär ist die rasche Reposition der Luxation von therapeutischer Bedeutung. Die Entscheidung zu konservativem (Oberarmgips für 2 Wochen) bzw. operativem Vorgehen wird anhand der Stabilität des Ellbogengelenks nach Reposition und dem Ausmaß der zusätzlichen Verletzung gestellt. Da fast immer eine begleitende Fraktur des Epicondylus ulnaris vorliegt, wird diese bei in das Ellbogengelenk eingeschlagenem Fragment durch Osteosynthese mittels divergierender Kirschnerdrähte, alternativ mittels Kleinfragmentzugschraube, versorgt. [14, pp. 291-297]

Ligamentäre Instabilitäten müssen intraoperativ überprüft und ggf. refixiert (Naht, Minischraube, Sehnenanker) werden. Postoperativ sollte das Ellbogengelenk in einer Oberarmgipsschiene für maximal 2 Wochen zur Erholung der umgebenden Weichteile und des Bandapparates ruhiggestellt werden. Sowohl zur Dokumentation des Repositionsergebnisses, als auch nach 3-4 Wochen zum Nachweis der Konsolidierung knöcherner Begleitverletzungen sind radiologische Kontrollen notwendig. Die Entfernung des Osteosynthesematerials erfolgt entsprechend der Wahl des Implantates nach 3 bis 16 Wochen. [15, pp. 157-161]

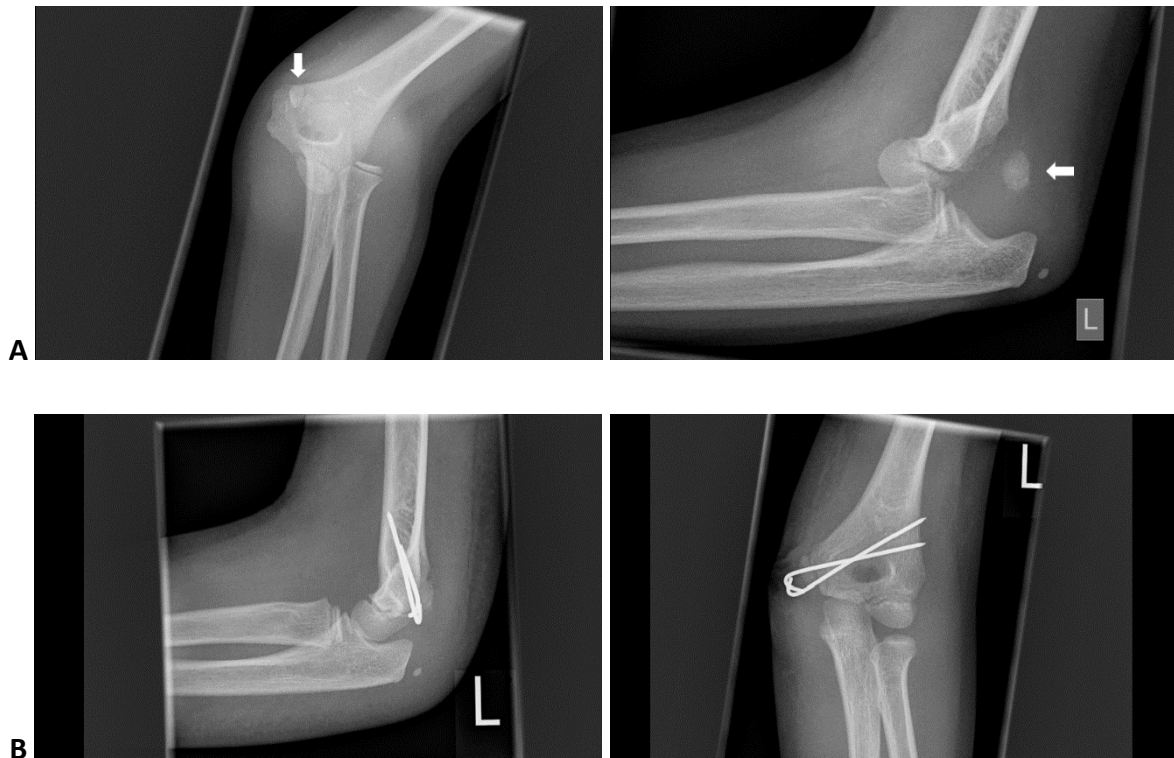


Abb. 14

7- jähriger Patient mit Luxationsfraktur des Epicondylus ulnaris

A präoperative Bilder - Frakturverlauf (siehe Pfeil)

B postoperative Bilder - Osteosynthesematerial einliegend

(Patientenarchiv der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital)

2.3. Operationsmethoden

In den Standardwerken der Kindertraumatologie (z.B. „Praxis der Kinder- und Jugendtraumatologie“, Dietz, Illing et al., „Kindertraumatologie“, Marzi oder „Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter“, von Laer, Kraus, Linhart), aber auch in anderen Lehrbüchern der Operationslehre (z.B. „Chirurgische Techniken in Orthopädie und Traumatologie“, Duparc oder „Standardverfahren in der operativen Orthopädie und Unfallchirurgie“, Ewerbeck, Wentzensen et al.) werden spezifische frakturbezogene Operationsstandardmethoden beschrieben, die sich in Hinblick auf die Nutzen - Risiko - Abwägung und das Outcome bewährt haben. Demzufolge kommen in der Behandlung der Frakturen am distalen Humerus im Kindesalter unterschiedliche Operationstechniken zu Tragen. Es handelt sich um

Osteosyntheseverfahren mittels Kirschnerdrähten, Kleinfragmentschrauben und eher selten winkelstabilen Platten. In Sonderfällen wird vom empfohlenen Standard abgewichen (z.B. Verwendung des Fixateur extern), um die anatomische Reposition zu sichern.

2.3.1. Kirschnerdrahtosteosynthese

Die Indikation zur Kirschnerdrahtosteosynthese (siehe Abb. 15) im Kindesalter umfasst sowohl die metaphysären Frakturen aller Röhrenknochen, als auch Gelenkfrakturen und Brüche der Hand- und Fußphalangen. Die einzige Kontraindikation für dieses Verfahren stellen diaphysäre Frakturen der langen Röhrenknochen dar. Auf Grund der relativ geringen Verletzung durch das Einbringen der Spickdrähte ist ein Überschreiten der Epiphysenfuge möglich. Mittels der Kirschnerdrahtosteosynthese gelingt eine nicht belastungsstabile Adaptationsosteosynthese. Dies bedeutet, dass im Anschluss an eine derartige Frakturversorgung eine Ruhigstellung im Gipsverband erfolgen muss. Die Osteosynthese wird häufig mit anderen Operationstechniken, wie zum Beispiel der Schraubenosteosynthese kombiniert oder zur Konstruktion einer Zuggurtung herangezogen. Durch Anwendung dieser OP - Technik ist eine spontane Knochenheilung möglich. Die Materialentfernung (in der Regel 3-6 Wochen postoperativ) gestaltet sich unproblematisch und ist bei noch über das Hautniveau herausragenden Drahtenden ohne Vollnarkose denkbar. Folgende Frakturtypen des dieser Arbeit zu Grunde liegenden Patientenkollektivs wurden mit Kirschnerdrahtosteosynthese versorgt: Frakturen des Epicondylus ulnaris, des Condylus ulnaris und radialis, sowie transcondyläre Y - Frakturen. [14, pp. 101-103]

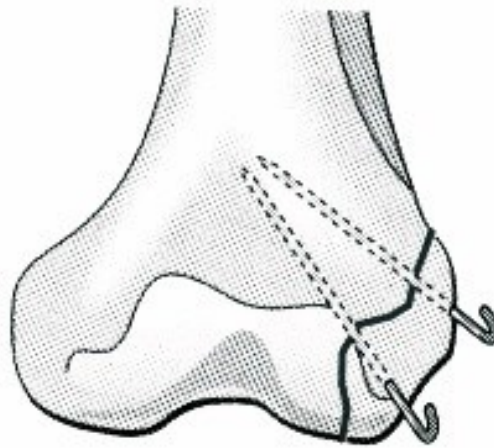


Abb. 15 Kirschnerdrahtosteosynthese bei Epicondylus radialis Fraktur

(Breusch, S.; Mau, H.; Sabo, D. - Klinikleitfaden Orthopädie - Urban&Fischer 2006)

[29, p. 309]

2.3.2. Osteosynthese mit Schrauben

Epiphysäre und metaphysäre Frakturen, sowie Frakturen mit Gelenkbeteiligung stellen oft die Indikation zur Schraubenosteosynthese (siehe Abb. 16) dar. Ein Vorteil der Schraubenversorgung gegenüber der Osteosynthese mittels Kirschnerdrähten ist die höhere Stabilität und damit die Möglichkeit zur frühfunktionellen Behandlung. Diaphysäre Bruchformen stellen eine Kontraindikation für die Verschraubung dar. Die Adaptation der Frakturfragmente erfolgt bei Anwendung von Zugschrauben durch interfragmentäre Kompression. Eine postoperative Immobilisation erfolgt im Kindesalter zur Unterstützung der Abschwellung und Schmerztherapie bis zum Abschluss der Wundheilung. Die Knochenheilung entspricht der primären Knochenheilung mit geringer Kallusbildung. Zur Materialentfernung ist 3 bis 6 Monate nach Primärversorgung eine zweite Operation notwendig. Bei einigen Patienten, die in diese Studie eingeschlossen wurden, erfolgte bei Vorliegen von Epicondylus ulnaris, Condylus ulnaris/radialis und transcondylären Y - Frakturen die Versorgung mit einer Schraubenosteosynthese. [14, pp. 104-105]

Bei einem Teil der in der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital operativ versorgten Frakturtypen des distalen Humerus fand eine Kombination der beiden beschriebenen Osteosyntheseverfahren Anwendung.

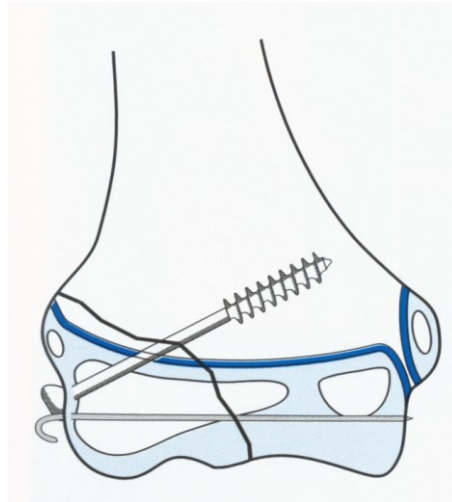


Abb. 16 Schraubenosteosynthese bei Condylus radialis Fraktur (Kirschnerdraht verzichtbar)
(Marzi, I. - Kindertraumatologie - Springer 2010)

[15, p. 163]

2.4. Problematik von Komplikationen

Im Allgemeinen heilen Verletzungen im Kindesalter rascher und weniger komplikationsbehaftet als im Erwachsenenalter [30, p. 449]. Es gibt jedoch posttraumatische Komplikationen, die im Kindesalter auftreten und speziell bei Frakturen im Bereich des Ellbogens im Wachstumsalter zu Problemen führen können [31]. Diese schränken den Alltag der Patienten mehr oder weniger ein, und endgültige Korrekturmaßnahmen können ggf. erst nach Wachstumsabschluss und gut bedachter Indikationsstellung erfolgen. Da sich das Skelettsystem des Kindes in vielen Gesichtspunkten von dem des Erwachsenen unterscheidet, sind Probleme wie zum Beispiel Ankylose, Weichteilinfekte oder Ostitiden im Kindesalter selten zu finden [13, pp. 35-39]. Im Folgenden werden typische posttraumatische Verlaufskomplikationen des Wachstumsalters dargestellt.

2.4.1. Frühkomplikationen

2.4.1.1 Schmerz

Der Aspekt der Schmerzempfindung stellt eine subjektive Sinneswahrnehmung dar. So kann eine vermeintlich als geringfügig gedeutete Schmerzáußerung zu einer Verminderung der Lebensqualität führen oder für Bewegungseinschränkungen im weiteren Verlauf

verantwortlich sein. Die Evaluation der Schmerzintensität ist gerade im Kindesalter nicht immer einfach. Es gibt eine Reihe von Skalen, die die Schmerzeinschätzung vereinfachen (z.B. Berner Schmerzscore, CRIES, KUSS, Gesichterskala nach Hicks) [14, p. 23]. Diese sind gemäß des Alters der Kinder unterschiedlich aufgebaut und orientieren sich dementsprechend an Verhalten, Vitalparametern und Selbsteinschätzung. Mit Hilfe dieser Instrumente ist es möglich für jeden Patienten eine individuelle suffiziente Schmerztherapie zu gewährleisten. Um die Gewebedurchblutung und die Wundheilung zu verbessern, sowie eine rasche Mobilisation zu fördern, ist eine adäquate Schmerztherapie zwingend notwendig. [14, pp. 22-23]

2.4.1.2. Durchblutung

Im Rahmen eines Traumas im Bereich des Ellbogengelenks kann es zur Störung der Durchblutung kommen. Diese kann zum einen die Peripherie betreffen, zum anderen kann die ossäre Durchblutung bzw. die vaskuläre Versorgung der Epiphysenfuge zu Schaden kommen. Durch eine ausgeprägte Schädigung der die Fraktur umgebenden Weichteile oder eine zusätzliche Gefäßverletzung im Bereich der Ellenbeuge kann eine Minderversorgung der peripher gelegenen Extremität resultieren. Die Folge kann eine Gewebnekrose und ihre weiteren Konsequenzen sein. Die korrekte Prüfung der Durchblutungssituation bei Erstvorstellung und ggf. eine rasche gefäßchirurgische Intervention ist diesbezüglich wichtig. Ist die Gefäßversorgung der Epiphyse verletzt, so ist ein vorzeitiger Schluss der Wachstumsfuge mit nachfolgender Verkürzung der betroffenen Extremität nicht ausgeschlossen. Um eine derartige Verletzung iatrogen zu vermeiden, sollte auf eine möglichst zügige Reposition der frakturierten Extremität und eine geringe Manipulation im Frakturareal geachtet werden. [13, pp. 22-25]

2.4.1.3. Sensibilität

Eine mögliche Komplikation bei Verletzungen am distalen Humerus stellen Nervenläsionen bzw. Irritationen der im Frakturbereich liegenden neuronalen Fasern dar. Diese können sowohl die sensiblen Anteile, als auch die motorischen Äste betreffen. Die Defizite im Bereich der Sensibilität können zum einen vorübergehend (oft innerhalb von 6 Monaten reversibel) sein, zum anderen kann es sich um bleibende sensible, taktile oder motorische Störungen

handeln. Sensibilitätsprüfungen im Seitenvergleich sind deshalb unmittelbar posttraumatisch, bei Vorstellung in der Notaufnahme, postoperativ und im weiteren Verlauf der Behandlung obligat.

2.4.1.4. Wundheilungsstörung/ Infektion

Unter dem Begriff der Wundheilungsstörung werden alle Umstände, die zu einer verzögerten Wundheilung führen zusammengefasst. Hierzu zählt z.B. das Auftreten einer Wunddehiszenz, einer übermäßigen Narbenbildung (Keloid) oder einer Wundinfektion. Die Wundinfektion ist eine gefürchtete postoperative Komplikation, die mit den allgemeinen Infektionszeichen Calor, Dolor, Rubor, Tumor und Functio laesa im OP - Gebiet einhergeht. Hierbei gilt es einen Frühinfekt (bis drei Monate postoperativ) von einem Spätinfekt (Monate bis Jahre postoperativ) zu unterscheiden. Bei Frühinfekten handelt es sich hauptsächlich um oberflächliche Infektionen des Wundbereichs ohne Überschreitung der Muskelfaszie. Der Spätinfekt hingegen tritt durch in die Tiefe fortgeleitete pathogene Keime auf. Oberste Priorität gilt der raschen Diagnostik und einem frühzeitigen Therapiebeginn, um die Entstehung weiterer Komplikationen wie einer Osteitis oder einer Osteomyelitis mit deren Folgen zu minimieren. Bei bakteriellen Infektionen muss umgehend eine antibiotische Behandlung erfolgen. Zudem besitzen die chirurgische Wundrevision mit ausgeprägtem Debridement und ggf. die Entfernung des Osteosynthesematerials einen hohen Stellenwert. [32] [33]

2.4.2. Spätkomplikationen

2.4.2.1. Bewegungseinschränkung

Die häufigsten Spätfolgen einer Fraktur am distalen Humerus im Kindesalter stellen Bewegungseinschränkungen der Freiheitsgrade des Ellbogengelenks dar. Sowohl Extension und Flexion, als auch Pronation und Supination können betroffen sein. Im Allgemeinen handelt es sich um Defizite der Beweglichkeit von geringer Gradzahl, so dass hieraus keine wesentliche Beeinträchtigung der alltäglichen Funktion resultiert und keine Korrekturmaßnahmen erforderlich sind. Ist das Extensionsdefizit $> 30^\circ$ oder beträgt die Flexion weniger als 130° handelt es sich per definitionem um eine Ellenbogensteife. Für das alltägliche Leben ist nach Morrey eine Beweglichkeit der Articulatio cubiti von 100° notwendig [8]. Wird

dieser Bewegungsumfang nach Ausschluss einer knöchernen Ursache nicht erreicht, muss auch im Kindesalter über eine physiotherapeutische Behandlung nachgedacht werden. Die Einschränkung von Pronation und Supination kann ebenfalls eine operative Therapie erfordern. Der notwendige Bewegungsumfang der Unterarmrotation, um die täglichen Dinge des Lebens zu bewerkstelligen, wurde von Morrey erarbeitet und auf eine Beweglichkeit von 50-0-50 nach der Neutralnullmethode festgelegt [9].

2.4.2.2. Pseudarthrose

Bleibt bei der Frakturheilung die knöcherne Konsolidierung der Fragmente aus, spricht man von verzögerter (3-6 Monate posttraumatisch) oder fehlender (6-8 Monate posttraumatisch) Heilung. Diese wird als Pseudarthrose oder „non - union“ bezeichnet. Man unterscheidet:

1. reaktionsfähige, vitale Pseudarthrosen, deren Ursachen mechanischer Natur sind und in zu geringer Ruhigstellung, zu großen Fragmentabständen, starker Dislokation oder Weichteilinterposition zu suchen sind.
2. reaktionslose, avitale Pseudarthrosen, die auf biologischen Reaktionen basieren und durch schwere Weichteilschäden, mangelnde Vaskularisierung oder nekrotische Verhältnisse entstehen.

Pseudarthrotische Areale bergen auf Grund ihrer porotisch veränderten Knochenstruktur ein hohes Refrakturrisiko. Die Therapie der vitalen „non - union“ erfolgt über stabile Fixation. Bei reaktionsunfähigen Varianten müssen die avitalen Anteile reseziert werden, und eine Defektauffüllung muss zum Beispiel mittels Knochentransplantaten erfolgen [11, pp. 202-204]. Bei Kindern ist das Auftreten von Pseudarthrosen selten. Die Ursachen einer vollständigen Pseudarthrose während des Wachstums sind entweder pathologisch oder iatrogen. Im Ellbogengelenkbereich ist fast ausschließlich die Fraktur des Condylus radialis gefährdet eine Pseudarthrose zu entwickeln. Die Konsolidierung der Fraktur wird in diesem Fall durch die wachsende Dislokation der Frakturanteile, bedingt durch die radialen Druckverhältnisse, verhindert. Als Folge der fehlenden Heilung kommt es zunächst zu einer Abweichung der Ellbogenachse in Valgusrichtung, die dann im weiteren Verlauf eine Schädigung des N. ulnaris bedingen kann. Partielle Pseudarthrosen können im Rahmen von diaphysären Grünholzfrakturen, die im Zuge der Behandlung nicht vollständig durchgebrochen wurden, auftreten. Hierbei verhindert die fehlende periostale Überbrückung

des Frakturspalts auf der Konvexseite die Konsolidierung. Es entsteht eine partielle Pseudarthrose, die oftmals bereits im ersten Jahr nach stattgehabtem Trauma zu einer Refraktur der Extremität führt. [15, pp. 5-6]

2.4.2.3 Refraktur

In der Regel kommt es durch eine Störung der Frakturheilung, durch zu frühe Belastung einer frakturierten Extremität oder durch eine systemische Störung des ossären Stoffwechsels zu einer Refraktur. Zudem kann ein erneuter Bruch im gerade ausgeheilten Frakturareal durch eine vorzeitige Entfernung des Osteosynthesematerials begünstigt werden [34]. Im Kindesalter steht die Ausbildung einer Pseudarthrose bei fehlender Frakturheilung als Ursache der Refraktur an erster Stelle [15, pp. 5-6].

2.4.2.4 Fehlstellung

Posttraumatisch kann es zu valgisierenden (X-Stellung) oder varisierenden (O-Stellung) Fehlstellungen der Gelenkachsen kommen. Im Bereich des Ellbogens spricht man von einem Cubitus valgus als Folge einer Verletzung des Condylus radialis oder von einem Cubitus varus, dessen Ursprung ein Trauma des Epicondylus ulnaris ist. Oftmals zeigen sich klinisch keinerlei oder nur geringe Bewegungseinschränkungen. Die exakte Achsabweichung kann radiologisch durch die Bestimmung des Epiphysenachsenwinkels (Baumann - Winkel) veranschaulicht werden. Eine therapeutische Konsequenz ergibt sich erst bei einer Abweichung von mehr als 20°. Unter strenger Indikationsstellung wird zur Vermeidung von negativen Spätfolgen (z.B. Arthrose, Läsion des N. ulnaris) eine varisierende bzw. valgisierende Umstellungsosteotomie empfohlen [13, pp. 44-48;267-268].

2.4.2.5. Wachstumsstörung

Prinzipiell ist das Auftreten einer Wachstumsstörung zum einen abhängig vom Alter des Patienten (offene Wachstumsfugen) und zum anderen von der anatomischen Lokalisation (Germinativzone) der Läsion. Zwei Varianten müssen differenziert werden: hemmende und stimulative Beeinträchtigungen der Fugenaktivität. Zudem gilt es vollständige von partiellen Störungen zu unterscheiden. Das Wachstum hemmende Fugenstörungen münden in einem partiellen oder vollständigen, vorzeitigen Epiphysenfugenschluss.

Das Auftreten stimulativer Wachstumsstörungen nach Frakturen kommt im Kindesalter oft vor. Die Folgen der Fugenstimulation sind zum einen abhängig vom Zeitpunkt und von der Häufigkeit der Manipulation im Rahmen der posttraumatischen Therapie, zum anderen vom Ausmaß des Remodellings nach der Fraktur. In Bezug auf die Intensität der posttraumatischen Fugenstimulation muss der Funktionszustand der betroffenen Wachstumsfuge zum Traumazeitpunkt berücksichtigt werden. Bei noch offenen Fugen kommt es zu einer Zunahme des Längenwachstums der entsprechenden Extremität. Erleidet der Patient die Fraktur in der Ruhephase, kurz vor Beendigung des Wachstums, bedingt die im Rahmen der Reparationsvorgänge auftretende Hyperämie zunächst eine Längenzunahme, führt jedoch letztendlich zu einem vorzeitigen Fugenschluss. Im Vergleich mit der nichttraumatisierten Gegenseite kommt es hierbei allerdings zu keinen bedeutenden Längendifferenzen. Eine Stimulation der Epiphysenfuge zum Zeitpunkt des physiologischen Fugenschlusses bewirkt eine Beschleunigung der Ausreifung. Das Ergebnis ist eine Verkürzung der betroffenen Extremität. Klinisch betrachtet spielen traumatisch bedingte Längenveränderungen im Bereich der oberen Extremität auf Grund der fehlenden Belastung nur eine kosmetische Rolle. Die partielle stimulative Wachstumsstörung ist selten und kommt nach Konsolidierungsstörungen mit direkter Beteiligung der Epiphysenfuge vor. Diese tritt vor allem an der oberen Extremität bei mangelnder Kompression der Frakturfragmente auf und spielt klinisch hauptsächlich bei Frakturen des Condylus radialis humeri und der proximalen Tibia eine Rolle. Die vermehrten Heilungsprozesse im Rahmen von partiellen oder kompletten Pseudarthrosen führen zu einer teilweisen Stimulation der entsprechenden Epiphysenfuge. So erklären sich die valgusierenden bzw. varisierenden Fehlstellungen der Gelenkachse. Hierbei gilt es zu bedenken: je kürzer die Konsolidierungszeit - sprich je stabiler die Frakturversorgung -, desto kürzer ist die Stimulationszeit und desto geringer ist die Ausprägung der Achsabweichung. [13, pp. 18-21] [15, pp. 6-8]

2.4.2.6. vorzeitiger Epiphysenfugenschluss

Der vorzeitige Verschluss der Wachstumsfuge wird den hemmenden Wachstumsstörungen zugeordnet. Es werden zwei Typen unterschieden: der vollständige und der partielle vorzeitige Fugenschluss.

Traumatisch bedingte Schäden des die Epiphyse versorgenden Gefäßsystems können zu einer verfrühten Verknöcherung der Wachstumsfuge (vollständiger vorzeitiger Verschluss) führen. Das Resultat ist eine vollkommene Verkürzung der verletzten Extremität. Ein derartiges Fehlwachstum fällt umso größer aus, je jünger der Patient zum Unfallzeitpunkt war und je größer der Anteil der betroffenen Epiphysenfuge am Wachstum ist. Dieses Phänomen kann auch bei metaphysären Frakturen ohne eruierbaren physiologischen Grund auftreten. [13, pp. 22-23]

Der partielle Fugenschluss betrifft vorwiegend die untere Extremität. Durch die knöcherne Füllung des die Epiphysenfuge kreuzenden Frakturspalts kann eine Brücke entstehen, das sog. Banding. Es kann zum Stillstand des Wachstums mit entsprechender Verkürzung der Extremität kommen. Das Auftreten großer Schubkräfte während des weiteren Wachstums ermöglicht die Sprengung dieser Verbindung. So hat ein zeitweiser Verschluss der Fuge keinerlei Auswirkungen auf ein späteres Fehlwachstum. [13, pp. 24-25]

3. Material und Methoden

3.1. Patienten

Diese Dissertationsarbeit basiert auf einer retrospektiven Betrachtung von Frakturen am distalen Humerus im Kindesalter, die in den Jahren 2003 bis 2013 in der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital in München operativ versorgt wurden. Die Auswertung umfasst die Daten von insgesamt 106 Patienten.

3.2. Methodik

Die vorliegende Auswertung der Patientendaten und die Analyse der gewonnenen Informationen wurde von der Ethikkommission der Ludwig- Maximilians- Universität München genehmigt und ist übereinstimmend mit den Grundsätzen der Erklärung von Helsinki (Ethikvotum siehe Anhang). Alle Daten wurden anhand stationär und ambulant erfasster Informationen, sowie mit Hilfe der Röntgenbilder der Patienten gewonnen. Der Zeitraum der Beobachtung erstreckte sich von der Erstvorstellung der Patienten bis zum Behandlungsabschluss bzw. der Dokumentation von Spätkomplikationen, mindestens jedoch über 12 Monate.

Zunächst lag das Augenmerk auf epidemiologischen Basisdaten, wie das Alter bei Verletzung, die Geschlechterverteilung und den Unfallmechanismus. Bei Eintreffen in der Kinderchirurgischen Notaufnahme/ Ambulanz erfolgten Anamnese und körperliche Untersuchung. Mittels konventioneller Röntgenaufnahmen (Ellbogen in 2 Ebenen) wurde die Diagnose verifiziert und die Operationsindikation gestellt. Die regelrechte operative Versorgung erfolgte entweder am Unfall-/ Vorstellungstag oder am darauffolgenden. Weiter wurden die zur Operation gehörenden Eckpunkte dargestellt. Diese umfassten die Operationstechnik, die Dauer der operativen Versorgung, sowie die postoperative Immobilisationsspanne und die Daten zur Metallentfernung. Die postoperative Behandlung umfasste regelmäßige klinische und radiologische Kontrollen im Abstand von 1 Woche, 4 bzw. 12 Wochen je nach Frakturtyp bzw. gewähltem Operationsverfahren. Anhand dieser Nachsorgeergebnisse wurde über das weitere Procedere wie Gipsabnahme und Vollbelastung des Ellbogengelenks entschieden. Eine dritte Kontrolluntersuchung fand nach Entfernung des

Osteosynthesematerials statt. Frühestens 12 Monate nach Beginn der Primärbehandlung erfolgte der Behandlungsabschluss bzw. die Dokumentation von Spätkomplikationen. Anhand dieses Informationsmaterials wurde eine Datenbank sowohl mittels SPSS, als auch mit Microsoft Excel erstellt. Die Datenbank enthält 23 Variablen, diese wurden nach ergebnisrelevanten Gesichtspunkten ausgewählt.

4. Ergebnisse

4.1. Einzelvariablenauswertung

Die Auswertung umfasst die Daten von insgesamt 106 Patienten mit operativ versorgten Frakturen am distalen Humerus in Bezug auf das Alter zum Unfallzeitpunkt, das Geschlecht, die Seite des verletzten Armes, den Unfallmechanismus, den Frakturtyp, die radiologische Operationsindikation und die Operationstechnik, sowie die Operationsdauer. Des Weiteren werden sowohl klinische als auch radiologische Kontrollzeitpunkte, die Ruhigstellungszeitspanne und der Zeitpunkt der Metallentfernung erfasst. Röntgenkontrollergebnisse und im Besonderen das Auftreten von Komplikationen sowohl unmittelbar nach dem Unfall, zu den Nachsorgeterminen, zum Zeitpunkt der Implantatentfernung, als auch Spätkomplikationen werden dokumentiert.

4.1.1. Alter

Die Altersspanne der Patienten zum Zeitpunkt der Fraktur lag zwischen 2 und 17 Jahren, mit einem Mittelwert bei 9,2 Jahren. Der absolute Häufigkeitsgipfel lag bei 5 Jahren. Zudem zeigten sich zwei weitere quantitative Spitzen, die zum einen im Bereich der 8 bis 9 Jährigen und zum anderen im 13. Lebensjahr angesiedelt waren (siehe Abb.17).

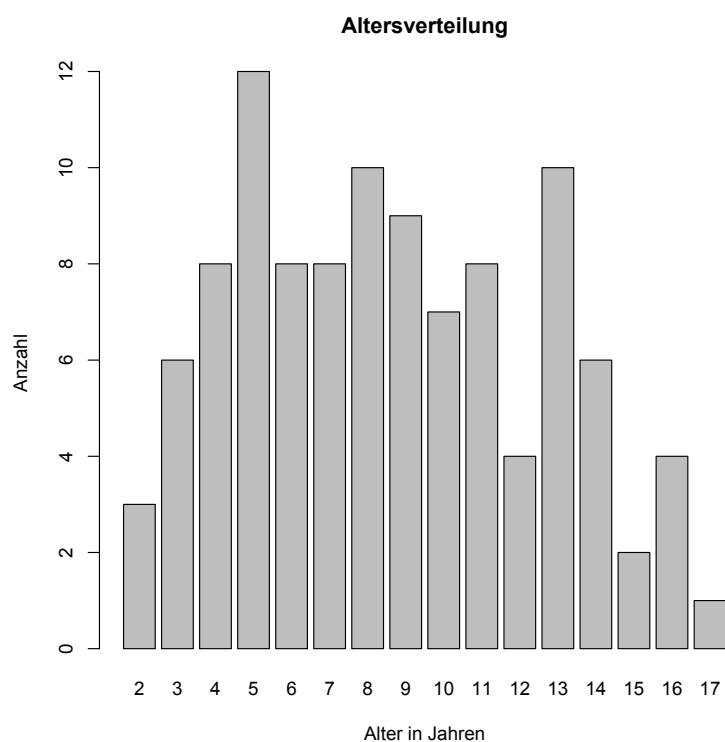


Abb. 17 Altersverteilung

4.1.2. Geschlecht

Das Patientenkollektiv umfasste 42 weibliche (39,6%) und 64 männliche (60,4%) Patienten. Es zeigte sich somit eine leichte Häufung der Frakturen des distalen Humerus bei den Knaben (siehe Tab. 4).

Geschlecht	Häufigkeit	Prozent
Männlich	64	60,4
Weiblich	42	39,6
Total	106	100,0

Tab. 4 Geschlechtsverteilung

4.1.3. Seitenangabe

Es zeigte sich eine leichte Verletzungsprävalenz der linken Extremitätenseite. Dies verdeutlicht die Anzahl von 63/106 Patienten (59,4%) mit Frakturen am distalen Humerus. Im Vergleich dazu betrug die Verletzungsanfälligkeit der rechten Seite 40,6%, dies entspricht einer Anzahl von 43/106 Patienten (siehe Tab. 5).

Seite	Häufigkeit	Prozent
Links	63	59,4
Rechts	43	40,6
Total	106	100,0

Tab. 5 Häufigkeitsverteilung Seitenangabe

4.1.4. Unfallursache

Frakturen am distalen Humerus liegen Stürze auf den ausgestreckten Arm zu Grunde. In Bezug auf den Unfallmechanismus spielt die Zugkraft in Valgus- bzw. Varusrichtung eine wesentliche Rolle. 40/106 Patienten unseres Kollektivs gaben zur Entstehungsursache der Verletzung Stürze im häuslichen Umfeld (Hochbett), der Schule oder im Rahmen von Verkehrsunfällen an (37,7%). Freizeitbetätigungen (Fahrrad, Reiten, Schlittschuh) und Trendsportarten (Ski, Snowboard, Slackline, Skateboard, Trampolin) waren bei der Verletzungsentstehung in 27,4% der Fälle von Bedeutung. Bei der Ausarbeitung unserer Patientendaten fanden wir mit 22,6% Verletzungen, die bei der Ausübung verschiedener Sportarten (Fußball, Judo, Handball, Turnen) (24/106) entstanden waren. Stürze während eines Spielplatzaufenthaltes führten bei 13 von 106 Patienten zur Fraktur des distalen Humerus (12,3%) (siehe Abb. 18).

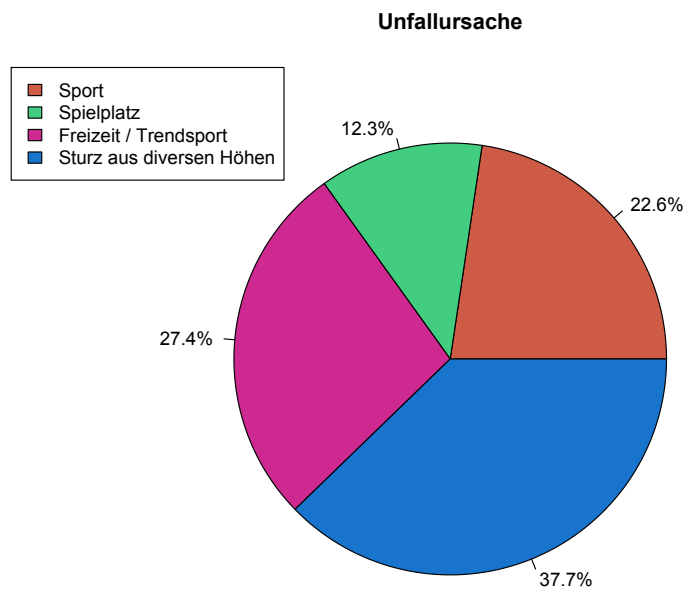


Abb. 18 Häufigkeitsverteilung Unfallursache

4.1.5. Frakturtyp

Zu den Frakturen des distalen Humerus im Kindesalter, die in dieser Arbeit vertreten sind, zählen Frakturen des Epicondylus ulnaris, Abrisse des Condylus ulnaris bzw. radialis und transcondyläre Y - Frakturen. Epicondylus radialis Frakturen waren in unserem Patientenkollektiv nicht vorhanden. Die Frakturen traten teils im Rahmen von Luxationen (Luxationsfrakturen) auf, teils waren sie mit zusätzlichen Frakturen der oberen Extremität vergesellschaftet. Die häufigste Form einer Einzelfraktur stellte in unserer Datenbank mit 50% die Epicondylus ulnaris Fraktur dar, gefolgt von Abrissen des Condylus radialis (40,6%). In 2,8% der Fälle handelte es sich um die Kombination der Frakturen von Epic. ulnaris und Cond. radialis. Alleinige Condylus ulnaris Frakturen waren mit 2,8% selten. Transcondyläre Y - Frakturen waren in unserem Patientenkollektiv mit 3,8% vertreten. 21/106 Frakturen gingen mit einer Luxation des Ellbogengelenks einher (19,8%). In 18/21 Fällen war der Epicondylus ulnaris frakturiert. Zu einer Fraktur des Condylus radialis kam es bei 2/21 Patienten. 1/21 Luxationsfrakturen betraf Epicondylus ulnaris und Condylus radialis. 12,3% der Frakturen des distalen Humerus unseres Patientenkollektivs waren mit einer zusätzlichen Fraktur der oberen

Extremität der gleichen Seite vergesellschaftet. Im Einzelnen handelte es sich um die folgenden Frakturkombinationen: 6x Epicondylus ulnaris & Ulna/Radius, 2x Epicondylus ulnaris & supracondyläre Fraktur, 4x Condylus radialis & Ulna/Radius, 1x Condylus ulnaris & supracondyläre Fraktur (siehe Tab. 6).

OP- Indikation	Häufigkeit	Prozent
Epicondylus ulnaris Fraktur	53	50,0
davon mit Luxation	18	
Condylus ulnaris Fraktur	3	2,8
Condylus radialis Fraktur	43	40,6
davon mit Luxation	2	
Transcondyläre Y - Fraktur	4	3,8
Epic. ulnaris + Cond. radialis	3	2,8
davon mit Luxation	1	
Total	106	100
Luxationsfraktur	21	19,8
Mehrfachfraktur der oberen Extremität	13	12,3

Tab. 6 Verteilung des Frakturtyps

4.1.6. Operationsindikation

Die Indikation zur operativen Versorgung der Frakturen am distalen Humerus wird nach Analyse der zur Diagnostik durchgeführten konventionellen Röntgenuntersuchungen (Ellbogen in 2 Ebenen) gestellt. In unserer Datenerfassung fanden sich folgende radiologische Kriterien, die die Entscheidung zur operativen Therapie erforderten: Bildung einer Gelenkstufe, Auftreten einer knöchernen Dehiszenz von mehr als 2mm, Dislokation der Frakturelemente von mehr als 2-5 mm, sekundäre Dislokation der Frakturrenden, sowie das Auftreten eines in das Ellbogengelenk eingeschlagenen Epicondylus ulnaris Fragments. In 85 Fällen (80,2%) war das Vorliegen einer Dislokation der Frakturkomponenten zur Indikationsstellung ausreichend. Eine Gelenkstufe wurde in 0,9%, die knöcherne Dehiszenz in 3,8% diagnostiziert und zur alleinigen Entscheidung für ein operatives Handeln herangezogen.

In 4,7% führte eine Kombination mehrerer radiologischer Kriterien zur operativen Versorgung der Fraktur. Bei 10 Patienten bzw. Patientinnen wurde zunächst eine konservative Therapie der Fraktur mittels Gipsruhigstellung begonnen. In der obligaten gipsfreien Röntgenkontrolle 7 Tage posttraumatisch zeigte sich eine sekundär aufgetretene Dislokation der Frakturelemente. Die konservative Therapie musste abgebrochen werden, es erfolgte die unmittelbare operative Frakturversorgung. In einem Fall spielte das Auftreten eines in das Ellbogengelenk eingeschlagenen Epicondylus ulnaris Fragments bei der Entscheidungsfindung zum operativen Vorgehen eine Rolle (siehe Tab. 7).

OP- Indikation	Häufigkeit	Prozent
Gelenkstufe	1	0,9
Dehiszenz	4	3,8
Dislokation	85	80,2
sekundäre Dislokation	10	9,5
Epic. ulnaris Fragment im Gelenk	1	0,9
Kriterienkombination	5	4,7
Total	106	100,0

Tab. 7 Verteilung der OP Indikation

4.1.7. Operationstechnik

Wie unter 2.2 ausführlich dargestellt, gibt es für jeden Typ der Frakturen des distalen Humerus im Kindesalter eine spezifische standardisierte Operationstechnik. Teilweise erfordert der intraoperative Situs ein vom gängigen Standard abweichendes Procedere. 64,2% der Frakturen unserer Patienten wurden mittels Kirschnerdrahtosteosynthese versorgt (überwiegend Frakturen des Epicondylus ulnaris). Eine Frakturversorgung mittels Schraubenosteosynthese erhielten 14,2% der Patienten (4x Epic. ulnaris, 2x transcondyläre Y - Fraktur, 9x Cond. radialis). Bei 21,7% unseres Patientenkollektivs wurde sich für ein kombiniertes Osteosyntheseverfahren mit Kirschnerdraht und Schraube entschieden. Es

handelte sich vornehmlich um Patienten mit einer Abrissfraktur des Condylus radialis (siehe Abb. 19).

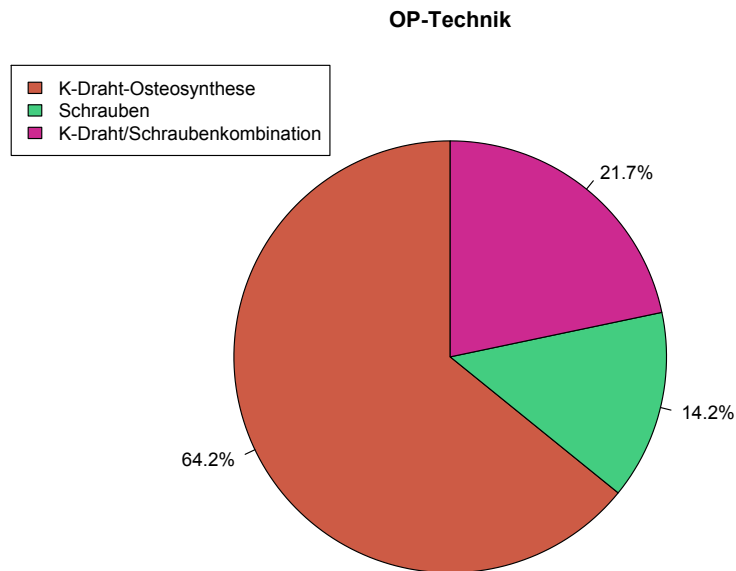


Abb. 19 Verteilung der OP Techniken

4.1.8. Operationsdauer

Die reine Operationszeit zeigte sich in Abhängigkeit des Frakturtyps, des Alters der Patienten zum Unfallzeitpunkt, des Aufwandes des Osteosyntheseverfahrens und der Erfahrung des Operateurs variabel. Bei kombinierten Verletzungen war eine entsprechend längere Operationsdauer nachweisbar. Die Spanne der operativen Behandlungsdauer reichte von 10 Minuten bis hin zu 220 Minuten, dies ergibt einen Mittelwert von 64 Minuten. Den Häufigkeitsgipfel findet man zwischen 40 und 75 Minuten (siehe Abb. 20).

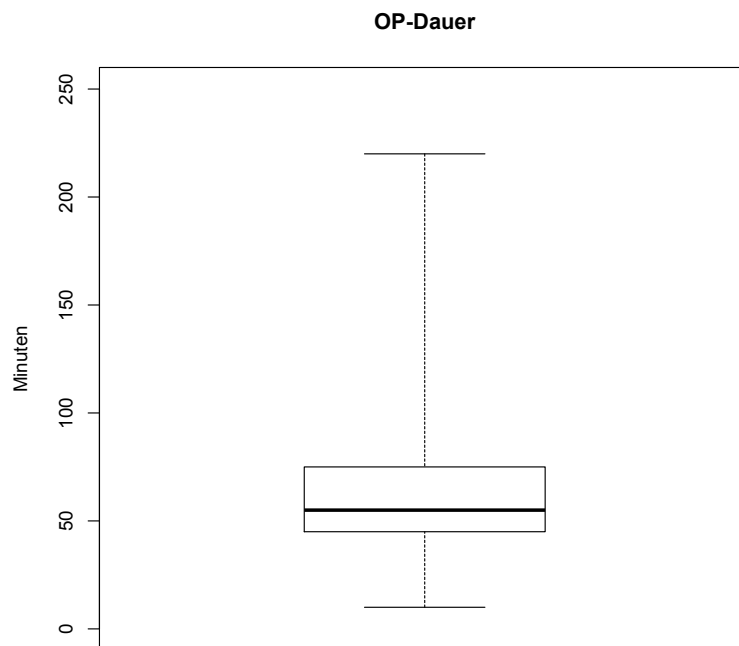


Abb. 20 Verteilung der OP Zeit (Minuten)

Falldarstellung 1

OP Dauer von 220 Minuten

Es handelte sich um einen zum Unfallzeitpunkt 14 jährigen männlichen Patienten, der nach einem Sprung über eine Mauer gestürzt war und in unserer Klinik vorstellig wurde. Im Rahmen der Erstuntersuchung war eine deutliche Schwellung des linken Ellbogens mit schmerzhafter Bewegungseinschränkung auffällig. Die durchgeführte Röntgenuntersuchung des linken Ellbogengelenks in 2 Ebenen zeigte eine Fraktur des Epicondylus ulnaris und des Condylus radialis. Auf Grund der Dislokation der Frakturelemente von ca. 4mm wurde die Indikation zur operativen Versorgung gestellt. Intraoperativ ließ sich die Fraktur nur erschwert reponieren und wurde letztendlich nach einer Operationsdauer von 220 Minuten mittels einer Kombination von Schrauben- und Kirschnerdrahtosteosynthese fixiert. Postoperativ wurde die operierte Extremität 6 Wochen ruhiggestellt. Sowohl präoperativ, als auch in den nach 1 Woche, 6 Wochen und 11 Wochen durchgeführten klinischen Untersuchungen zeigten sich keinerlei Auffälligkeiten. Eine sichere Konsolidierung konnte erst 11 Wochen postoperativ radiologisch nachgewiesen werden. Zum Zeitpunkt der Metallentfernung (30 Wochen posttraumatisch) war eine Einschränkung der Extensions - Flexions - Achse (0/20/120), sowie eine Abweichung in Varusrichtung von 5° nachweisbar. Es wurden physiotherapeutische Maßnahmen zur Verbesserung der Mobilität eingeleitet. In einer dritten postoperativen Kontrolluntersuchung 49 Wochen posttraumatisch zeigte sich weiterhin eine Einschränkung der Beweglichkeit bei einem Bewegungsumfang von 0/15/130. Eine Achsabweichung war nicht mehr existent. Auf die Fortsetzung der Physiotherapie wurde verzichtet und der Patient

über die Notwendigkeit der Weiterführung der Bewegungsübungen zur Mobilitätssteigerung des Ellbogengelenks aufgeklärt. Im Rahmen der Abschlussuntersuchung 18 Monate nach stattgehabtem Trauma war ein deutliches Bewegungsdefizit des linken Ellbogens von 0/30/90 zu verzeichnen. Gemäß Morrey [8] wurde eine Arthrolyse empfohlen. Bis zum Zeitpunkt der Auswertung der Daten hatten sich die Erziehungsberechtigten zu keiner weiteren Operation bzw. Behandlungsoption entschieden.

4.1.9. Ruhigstellungsdauer

Nach Schraubenosteosynthese ist eine postoperative Ruhigstellung nicht zwingend erforderlich, da diese Frakturversorgung als übungs- bzw. belastungsstabil einzustufen ist. Frakturbehandlungen mit Kirschnerdrähten hingegen sind nicht belastungsstabil, und eine postoperative Immobilisation ist notwendig. In der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital wird in jedem Fall die postoperative Immobilisation der oberen Extremität angestrebt. Der angelegte Gipsverband dient vor allem der Schmerztherapie, sowie dem mechanischen Schutz der Osteosynthese und nicht primär der Fixation des Repositionsergebnisses. Hierbei beruft man sich auf die positive Tatsache, dass im Kindesalter durch eine moderate postoperative Immobilisation keine Gelenkversteifungen oder Bewegungseinschränkungen zu erwarten sind. Je nach Frakturtyp und Art der operativen Versorgung variieren die in der Literatur empfohlenen Ruhigstellungszeiten der verletzten Extremitäten zwischen 1-2 und 6 Wochen. Analog hierzu wurde unser Patientenkollektiv post operationem mit einem Gipsverband versorgt. Zunächst erhielten die Kinder einen gespaltenen Oberarmgips, dieser wurde nach Abschwellung der operierten Extremität zirkuliert. Mit einer Häufigkeit von 63,2% betrug die Ruhigstellungszeit vier Wochen (67/106). In 21/106 Fällen (19,9%) entschied man sich einen kürzeren Zeitraum zu wählen (zwischen einer und drei Wochen). 13 unserer Patienten (12,2%) wiesen einen Ruhigstellungszeitraum von 5 oder 6 Wochen auf. Auf Grund einer nicht ausreichenden Konsolidierung der Frakturfragmente war bei fünf Patienten eine längere Immobilisation der versorgten Fraktur von 7 bis 8 Wochen notwendig (siehe Abb. 21).

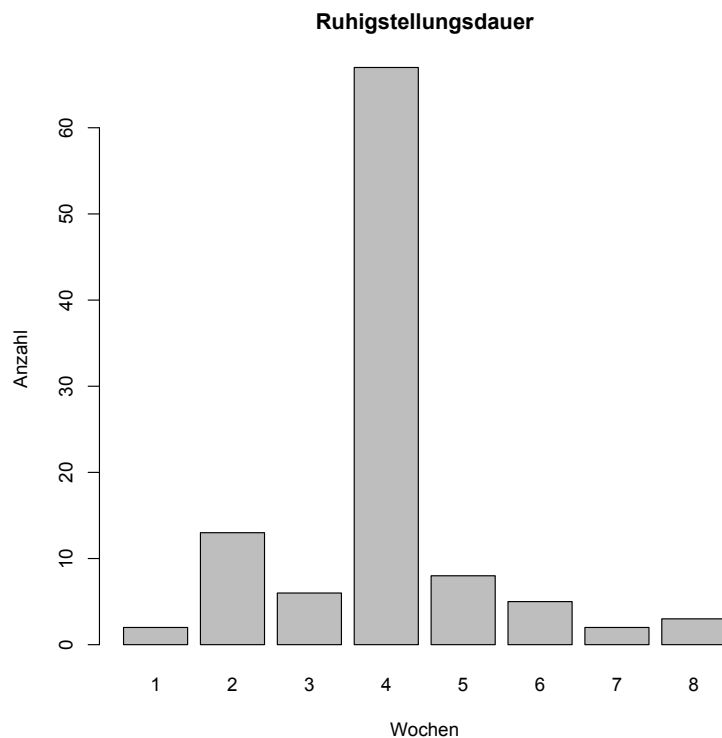


Abb. 21 Verteilung der postoperativen Immobilisation

4.1.10. Präoperative Besonderheiten

Im Rahmen der Primärdiagnostik wurden sowohl diagnostische Kriterien wie die Schmerzsymptomatik oder die Bewegungseinschränkung (Extensions-, Flexions-, Pronations- und Supinationsdefizit) der verletzten Extremität, als auch präoperativ vorhandene Besonderheiten in einer klinischen Befundaufnahme dokumentiert. Darunter fielen das Auftreten von peripheren Durchblutungsstörungen, Hyp- bzw. Parästhesien im Sinne einer Nervenläsion oder das Vorliegen eines ins Gelenk eingeschlagenen Epicondylus ulnaris Fragments. Da eine Fraktur am distalen Humerus im Kindesalter zwangsläufig zu Schmerzen und Bewegungseinschränkungen der Achsen des Ellbogengelenks führt, wurden diese Merkmale nicht separat in unserer Datenauswertung erfasst und erörtert. Zu 96,3% lagen präoperativ keinerlei Besonderheiten vor. Bei keinem Patienten wurde eine Durchblutungsstörung der peripheren Arterien diagnostiziert. Zwei Patienten erlitten durch den Unfall (Fraktur des Epicondylus ulnaris) eine Läsion des N. ulnaris (1,9%), die sich präoperativ als Hyp- bzw. Parästhesie darstellte. In einem Casus war das Vorliegen eines ins Gelenk eingeschlagenen Epicondylus ulnaris Fragments im Sinne einer präoperativen

Besonderheit (0,9%) darstellbar. Bei einem Abriss des Condylus radialis handelte es sich um eine Refraktur (0,9%) (1,5 Jahre nach Primärfraktur) (siehe Abb. 22).

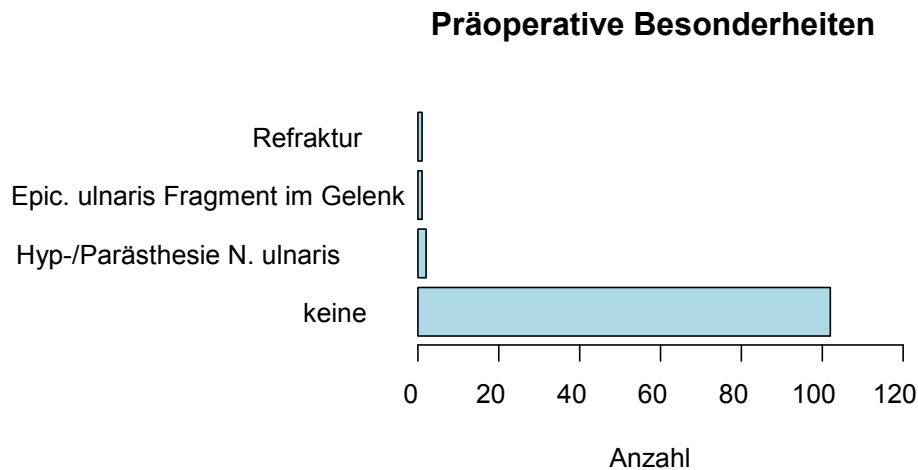


Abb. 22 Verteilung der präoperativen Besonderheiten

4.1.11. Erste klinische Kontrolle postoperativ

Die Dokumentation der ersten postoperativen klinischen Kontrolle erfolgte im Rahmen der täglichen Visiten während des Krankenhausaufenthalts bzw. vor Entlassung. Das Hauptaugenmerk der klinischen Kontrolle umfasste das Auftreten von Schwellung, Schmerzen, Durchblutungsstörungen und Hyp- bzw. Parästhesien im Sinne einer Nervenläsion. Des Weiteren wurde auf das Vorhandensein spezieller postoperativer Probleme, wie zum Beispiel das Auftreten einer Wundinfektion, einer Wundheilungsstörung oder einer Dehiszenz der Operationswunde eingegangen.

Zeitpunkt

Die Daten, die zur Komplikationserfassung der ersten postoperativen Kontrolle herangezogen wurden, konnten zu 100% innerhalb der ersten Woche postoperativ im Rahmen der täglichen Visiten während des Krankenhausaufenthalts erhoben werden.

Komplikationen

Zum Zeitpunkt unserer ersten Kontrolluntersuchung waren bei allen nachuntersuchten Patienten eine Schwellung und Schmerzen der operierten Extremität nachweisbar. Diese Gesichtspunkte wurden nicht näher tabellarisch/graphisch erläutert. Zum ersten postoperativen Untersuchungszeitpunkt traten keinerlei Durchblutungsstörungen der peripheren Gefäße auf. Zu diesem frühen Termin der Nachuntersuchung gab es keinerlei Anzeichen einer chronischen Wundheilungsstörung. 103 Patienten (97,2%) zeigten postoperativ keinerlei Anzeichen von Komplikationen. Bei zwei Patienten war eine Hyp- bzw. Parästhesie des N. ulnaris (1,9%) des verletzten Armes vorhanden. In einem Fall bestand diese bereits präoperativ, im anderen Fall trat die Störung erst postoperativ auf Grund eines zu eng anliegenden Gipsverbandes auf. Bei einem unserer Patienten (Fraktur des Condylus radialis und zusätzlicher Fraktur des Radiuskopfes → Osteosynthese mittels K-Drähten) wurde im Rahmen der ersten Nachuntersuchung eine dehiszente Operationswunde mit Zeichen eines Wundinfektes (0,9%) (Keimnachweis: Staphylococcus aureus) diagnostiziert. Es wurde unmittelbar eine antibiotische Therapie mit einem Cephalosporin der Gruppe 2 für 7 Tage begonnen und die Wunddehiszenz durch Sekundärnaht behoben. Sowohl das unter den präoperativen Besonderheiten dokumentierte Vorhandensein eines in das Ellbogengelenk eingeschlagenen Epicondylus ulnaris Fragments, als auch der Gesichtspunkt der Refraktur war im Zuge der operativen Behandlung behoben worden. Somit traten diese Merkmale im Rahmen der Komplikationserfassung bei der ersten postoperativen Kontrolle nicht mehr auf. Präoperativ bestand bei einer Patientin eine Läsion des N. ulnaris, die postoperativ nicht mehr nachgewiesen werden konnte (siehe Abb. 23).

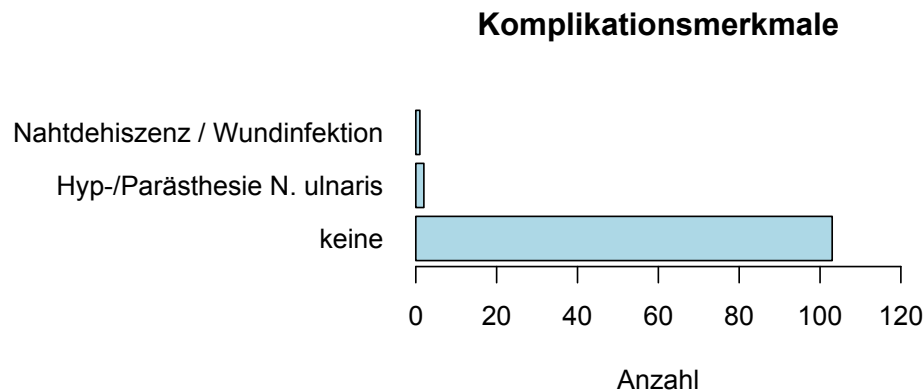


Abb. 23 Erste postoperative Kontrolle – Komplikationsverteilung

4.1.12. Erste Röntgenkontrolle postoperativ

Regelmäßige postoperative radiologische Kontrollen sind notwendig, um den Heilungsverlauf zu dokumentieren und das weitere Procedere, speziell im Hinblick auf Gipsabnahme, Belastung des operierten Gelenks und Planung des Zeitpunktes der Metallentfernung, festzulegen. Die Dokumentation erfolgt durch Anfertigung konventioneller Röntgenaufnahmen des Ellbogengelenks in zwei Ebenen. Eine gute radiologische Beurteilung basiert auf der detaillierten Beschreibung der zu betrachtenden Bilder. Demzufolge ist es nicht möglich das Ergebnis der postoperativ abgelichteten Gelenke mittels eines einzigen Merkmals wiederzugeben. Zu den wichtigen Gesichtspunkten der postoperativen Röntgenbildbetrachtung zählen die Stellung der Frakturelemente, die Artikulation im Ellbogengelenk, die Adaptation der Frakturrenden, die Lage des Osteosynthesematerials, die Konsolidierung der Fraktur, sowie auftretende knöcherne Absprengungen/Defekte, Fehlstellungen, Dehiszenzen, Materiallockerungen oder Ossifikationsstörungen.

Zeitpunkt

Die Termine der radiologischen und klinischen Kontrollen fanden zeitlich kombiniert statt. Die postoperative radiologische Stellungskontrolle erfolgte bei 4/106 Patienten (3,8%) in kinderchirurgischen bzw. radiologischen Praxen. Bei Patienten, bei denen intraoperativ die Durchleuchtungsbilder nicht digital gespeichert worden waren, wurde die Dokumentation des

Operationsergebnisses bereits nach 1-2 Wochen (15/106; 14,1%) durchgeführt. Der Großteil der Patienten (49,1%) stellte sich drei bis vier Wochen postoperativ zur Anfertigung der ersten Röntgenbilder vor. Weitere 18 Kinder wurden nach 5-6 Wochen mittels konventioneller Aufnahmen des Ellbogens in 2 Ebenen beurteilt (17%). 17 Patienten wurden aus familiären Beweggründen außerhalb der oben angeführten Zeitpunkte mittels konventioneller Aufnahmen überprüft (zwischen 7 und 17 Wochen: 16%) (siehe Tab. 8).

Wochen	Häufigkeit	Prozent
Röntgenkontrolle extern	4	3,8
1-2	15	14,1
3-4	52	49,1
5-6	18	17,0
7-17	17	16,0
Total	106	100,0

Tab. 8 Erste postoperative Röntgenkontrolle - Zeitpunkt in Wochen

Ergebnisse

Eine korrekte Befundung der angefertigten Röntgenbilder kann nur in Zusammenschau verschiedener Merkmale erfolgen. Bei allen Aufnahmen der 102 in unserem Hause befundeten Patienten fand sich eine Kombination aus diversen Kriterien. Im Einzelnen handelte es sich um folgende radiologische Merkmale: 92 der nachuntersuchten Patienten zeigten eine gute Stellung der Frakturelemente und eine regelrechte Artikulation im Ellbogengelenk (90,2%). Bei 85,3% konnte zum Zeitpunkt der ersten bildgebenden Kontrolle eine gute Adaptation der Frakturenenden festgestellt werden (87/102). Eine intakte korrekte Lage des Osteosynthesematerials (94,1%) wurde bei 96 Operierten dokumentiert. 69 Patienten zeigten im Rahmen der ersten radiologischen Nachuntersuchung (3-17 Wochen postoperativ) bereits eine ausreichende Konsolidierung der Fraktur (67,6%). Bei einer Patientin (0,9%) zeigte sich bei vollständiger Konsolidierung der Condylus radialis Fraktur das Vorliegen einer geringfügigen knöchernen Absprengung im Frakturbereich. In zwei Fällen

(Kontrollröntgen 4 Wochen postop) wurde bei zugleich vorliegender Konsolidierung der Fraktur eine Materiallockerung radiologisch nachgewiesen (1,9%). Die Implantate wurden umgehend entfernt. Die Ergebnisauswertung eines Patienten mit versorgter Condylus radialis Fraktur ließ auf das Vorliegen einer Ossifikationsstörung (0,9%) im Sinne eines Morbus Panner (aseptische juvenile Knochennekrose, die mit einer Deformierung des Radiuskopfes einhergeht) schließen. Die radiologische Nachbetreuung von 4 Patienten erfolgte in kinderchirurgischen bzw. radiologischen Praxen (siehe Abb. 24).

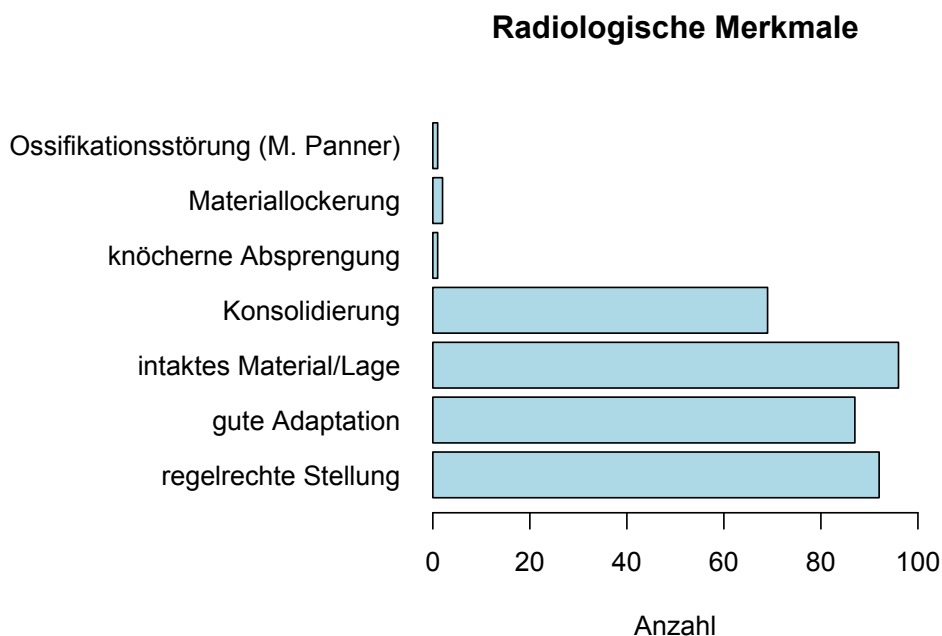


Abb. 24 Erste postoperative Röntgenkontrolle (1-17 Wochen postop) - Ergebnisverteilung

Falldarstellung 2

V. a. Ossifikationsstörung Morbus Panner

Ein 5-jähriger männlicher Patient wurde nach einem Sturz vom Hochbett in unserer unfallchirurgischen Notaufnahme vorgestellt. Bei Erstuntersuchung zeigte sich der linke Ellbogen bewegungseingeschränkt, stark schmerzhaft und geschwollen. Die durchgeführte radiologische Bildgebung des linken Ellbogens in 2 Ebenen bestätigte das Vorliegen einer Fraktur des Condylus radialis mit einer deutlichen Dislokation und Dehiszenz der

Frakturfragmente. Es erfolgte umgehend die operative Versorgung der Fraktur (Reposition und Osteosynthese mittels Schraube und Kirschnerdraht). Die Operationszeit betrug 110 Minuten. Postoperativ erfolgte die Ruhigstellung der linken oberen Extremität für 4 Wochen. Die klinischen Kontrollen präoperativ, 1 Woche und 4 Wochen postoperativ zeigten keinerlei Auffälligkeiten. In der radiologischen Kontrolluntersuchung 4 Wochen postoperativ wurde erstmals der Verdacht auf das Vorliegen einer Ossifikationsstörung im Sinne eines Morbus Panner gestellt. Eine 8 Wochen postoperativ durchgeführte klinische Kontrolluntersuchung mit Anfertigung von Röntgenbildern des Ellbogengelenks in 2 Ebenen erhärtete den bestehenden Verdacht auf Grund der noch nicht nachweisbaren Konsolidierung der Fraktur. Erst 24 Wochen postoperativ war eine ausreichende Konsolidierung nachweisbar und die Entfernung des Osteosynthesematerials konnte durchgeführt werden. Sowohl im Rahmen der klinische Kontrolle vor Metallentfernung, als auch die Dokumentation des Behandlungsabschlusses ein Jahr posttraumatisch zeigten keinerlei Auffälligkeiten oder Komplikationen.

4.1.13. Zweite klinische Kontrolle postoperativ

Die zweite klinische Kontrolle sollte circa vier Wochen postoperativ erfolgen. Die ambulante Vorstellung der Patienten zur ersten radiologischen Kontrolle und klinischen Zweituntersuchung wurde terminlich zusammengelegt. Die Zeitspanne der zweiten postoperativen klinischen Kontrolluntersuchung gestaltete sich um einiges variabler, als die der ersten Untersuchung. Teils berufliche, teils private Gründe der Eltern waren für die zeitlichen Abweichungen verantwortlich. Die Kriterien der Komplikationsstatistik der zweiten klinischen Nachuntersuchung entsprachen den Merkmalen der ersten klinischen Kontrolle. Im Speziellen handelte es sich dabei um das Vorhandensein von Schwellung, Schmerzen, Bewegungseinschränkungen (Extensions-, Flexions-, Pronations- und Supinationsdefizit), Durchblutungsstörungen, Hyp- bzw. Parästhesien im Sinne einer Nervenläsion und Wundinfektionen oder chronischen Wundheilungsstörungen.

Zeitpunkt

Die zweite postoperative klinische Kontrolle fand frühestens nach 2, spätestens nach 17 Wochen statt. Im Mittel wurden die Patienten nach 5,2 Wochen postoperativ zum zweiten Mal nachuntersucht. Die zweite Nachuntersuchung fand zu 78,3% innerhalb vier bis acht Wochen postoperativ statt. 12 Patienten wurden zu einem früheren Zeitpunkt untersucht (11,4%). Gründe hierfür waren zum einen auftretende Beschwerden, die die Besorgnis der

Eltern hervorgerufen und sie zu einem früheren Kontrolltermin veranlasst hatten. Zum anderen spielten Arbeitsbedingungen und Urlaubsplanungen der Erziehungsberechtigten diesbezüglich eine wesentliche Rolle. 8,5% der Patienten wurden nach einem Zeitraum von 9-12 Wochen zum zweiten Mal klinisch nachkontrolliert. Auf Grund eines längeren Auslandsaufenthaltes erschien ein Junge erst nach 17 Wochen zur zweiten Nachuntersuchung (0,9%). Ein Patient nahm den Termin zur zweiten Kontrolluntersuchung in unserer Klinik nicht wahr (0,9%). Dieser hatte sich die Fraktur des Epicondylus ulnaris während eines Ferienaufenthaltes in München zugezogen und war nach der operativen Versorgung wieder in seine Heimatstadt zur weiteren Behandlung zurückgekehrt (siehe Tab. 9).

Wochen	Häufigkeit	Prozent
postop Behandlung extern	1	0,9
2	4	3,8
3	8	7,6
4-8	83	78,3
9-12	9	8,5
17	1	0,9
Total	106	100,0

Tab. 9 Zweite postoperative Kontrolle - Zeitpunkt in Wochen

Komplikationen

Die Untersuchungskriterien Schwellung und Angabe von Schmerzen wurde – wie bereits im Rahmen der ersten klinischen Kontrolle – nicht separat aufgeführt, da diese zum Zeitpunkt der zweiten klinischen Kontrolle (zumeist zeitgleiche Gipsabnahme) größtenteils noch vorhanden waren. Zu 54,3% waren die Patienten bei der zweiten klinischen Kontrolle frei von Komplikationen oder Defiziten (57/105). Es traten zu diesem Zeitpunkt keinerlei Durchblutungsstörungen des peripheren Gefäßsystems auf. Störungen der Beweglichkeit des Ellbogengelenks wurden in 42,9% dokumentiert. Darunter befanden sich sieben reine Extensionseinschränkungen. In 30 Fällen handelte es sich um einen verminderten

Bewegungsumfang von Extension und Flexion. Einmal wurde eine Störung von Streckung, Beugung und Supination erfasst. Kombinierte Einschränkungen der Beweglichkeit aller 4 Bewegungsachsen wurden bei 7 Patienten diagnostiziert. Die in dieser Nachuntersuchung dokumentierten Bewegungsdefizite standen in direktem Zusammenhang mit der zeitgleichen Abnahme des Gipsverbandes, weshalb eine endgültige Wertung der aufgetretenen Bewegungseinschränkungen erst in einer späteren Nachuntersuchung vorgenommen werden konnte. Zum Zeitpunkt der zweiten Nachuntersuchung - in diesem Fall 4 Wochen - hatte die bei einer Patientin postoperativ aufgetretene Läsion des N. ulnaris weiterhin Bestand. Die, sowohl präoperativ als auch primär postoperativ noch vorhandene Läsion des N. ulnaris einer jungen Patientin hatte sich bis zum zweiten Kontrolltermin regeneriert, so dass weder eine Hypästhesie noch eine Parästhesie nachgewiesen werden konnte. Bei einer Patientin zeigten sich nach fünf Wochen erstmalig Anzeichen einer Wundinfektion (0,9%) im Sinne von Calor, Rubor, Dolor, Tumor und Functio laesa. Diagnostisch gesichert handelte es sich um eine nekrotisierende Faszitis durch hämolysierende Streptokokken vom Typ A. Die sofortige Therapie umfasste zum einen die chirurgische Intervention und zum anderen die Antibiotikagabe (Kombinationstherapie: Penicillin + Clindamycin). In einem Fall (0,9%) zeigte sich bei Gipsabnahme eine oberflächliche Nahtdehiszenz ohne Infektionsanzeichen. In Absprache mit den Eltern wurde entschieden die sekundäre Wundheilung unter strenger Beobachtung abzuwarten. Bei einer Patientin (0,9%) zeigte sich in der Zweitkontrolle nach Abnahme des Gipsverbandes eine Valgusfehlstellung des Ellbogengelenks von 5°. Die Nachuntersuchung eines Patienten mit versorgter Condylus radialis Fraktur legte den Verdacht auf das Vorliegen einer Ossifikationsstörung (0,9%) im Sinne eines Morbus Panner nahe (siehe Falldarstellung 2). Die Wundinfektion, die zum Zeitpunkt der ersten Kontrolle im Zuge einer dehiszenten Operationswunde antibiotisch behandelt worden war, war am Termin der zweiten Nachuntersuchung vollkommen abgeklungen. Im Rahmen der Zweituntersuchung traten keinerlei chronische Wundheilungsstörungen auf. Ein Patient wurde postoperativ heimatnah weiterbetreut (siehe Abb. 25).

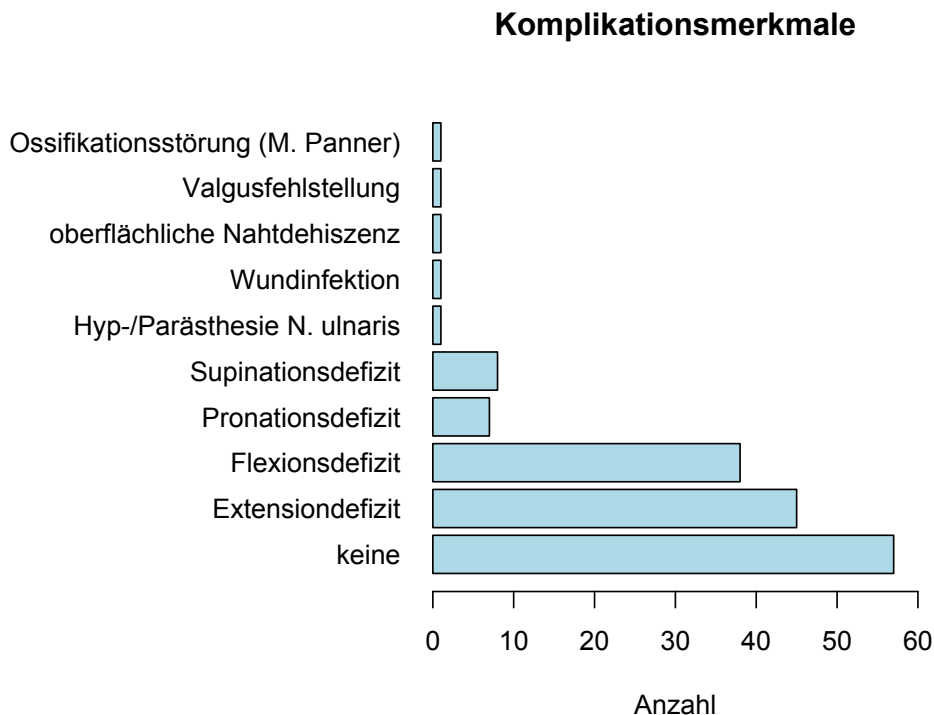


Abb. 25 Zweite postoperative Kontrolle – Komplikationsverteilung

4.1.14. Zweite Röntgenkontrolle postoperativ

Speziell im Hinblick auf den Heilungsverlauf, das Ende der Immobilisation und der postoperativen Belastung des Ellbogengelenks, sowie der Entscheidung zur Metallentfernung sind postoperative radiologische Aufnahmen zu verschiedenen Zeitpunkten obligat. Die Ergebnisdokumentation und -bewertung erfolgt mittels konventioneller Röntgenbilder des Ellbogengelenks in zwei Ebenen. Im Zuge der zweiten postoperativen Röntgenkontrolle wurden die aufgenommenen Bilder erneut hinsichtlich der Stellung der Frakturelemente, der Gelenkartikulation, des Adaptationsverhaltens der Frakturende, sowie der Beschaffenheit und Lage des eingebrachten Osteosynthesematerials beurteilt. Ebenso wurde auf die Konsolidierung der Fraktur, auftretende knöcherne Absprengungen, Ossifikationsstörungen und Fehlstellungen Augenmerk gelegt.

Zeitpunkt

Bei 70 von 106 Patienten (66%) war die Durchführung der zweiten radiologischen Stellungskontrolle nicht notwendig, da die Ergebnisse zum Zeitpunkt der ersten Röntgennachuntersuchung sowohl eine gute Stellung der Frakturelemente, eine regelrechte Artikulation im Ellbogengelenk, eine gute Adaptation, als auch eine intakte korrekte Lage des Osteosynthesematerials und eine gute beginnende bis ausreichende Konsolidierung der Fraktur aufzeigten. Die radiologische Nachbetreuung von 4 Patienten (3,8%) erfolgte, wie bereits die erste postoperative radiologische Untersuchung in kinderchirurgischen bzw. radiologischen Praxen. 32 Patienten wurden in Abhängigkeit der Ergebnisse der ersten radiologischen Kontrolle, der klinischen Situation und des gewählten Osteosyntheseverfahrens von uns zu einem zweiten Zeitpunkt radiologisch nachuntersucht. Die Aufnahmen des Ellbogengelenks in 2 Ebenen wurden in einem Zeitraum von 4 bis 14 Wochen (96,9%) postoperativ angefertigt. Trotz radiologisch nachgewiesener Konsolidierung der Condylus radialis Fraktur nach 4 Wochen, erhielt eine Patientin (1/32; 3,1%) bei Existenz einer Bewegungseinschränkung zum Untersuchungszeitpunkt eine Zweitaufnahme des Ellbogengelenks in 2 Ebenen zum Ausschluss einer ossären Ursache. Das Ergebnis bestätigte das Vorliegen einer Arthrofibrose (pathologische Vermehrung von Bindegewebszellen innerhalb eines Gelenkes, die mit schmerzhafter Bewegungseinschränkung einhergeht) (siehe Tab. 10).

Wochen	Häufigkeit	Prozent	Korrigierte Prozentangabe
4-14	31	29,3	96,9
20	1	0,9	3,1
Total	32	30,2	100,0
keine Notwendigkeit/ Röntgenkontrolle extern	74	69,8	
Total	106	100,0	

Tab. 10 Zweite postoperative Röntgenkontrolle – Zeitpunkt in Wochen

Ergebnisse

Eine regelrechte Stellung bzw. Artikulation im Ellbogengelenk, eine gute Adaptation, sowie die regelrechte intakte Lage des Osteosynthesematerials und die Konsolidierung der Fraktur lagen zum Zeitpunkt der postoperativen radiologischen Zweitkontrolle bei 29 von 32 Patienten, die in der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital nachbetreut wurden, vor. Dies entspricht einem prozentualen Anteil von 90,7%. Bei einer Patientin zeigte sich bei vollständiger Konsolidierung der Condylus radialis Fraktur das Vorliegen einer geringfügigen knöchernen Absprengung im Frakturbereich (wie bereits in der primären Röntgenkontrolle dokumentiert). In einem Fall trat zum Zeitpunkt der zweiten radiologischen Kontrolle eine knöcherne Dehiszenz (3,1%) auf. Bei einer Patientin zeigte sich bei regelrechter Artikulation im Ellbogengelenk und Konsolidierung der Condylus radialis Fraktur eine Rotationsfehlstellung (3,1%), die bei der postoperativen radiologischen Erstkontrolle noch nicht existent war. Durch die radiologische Zweituntersuchung verhärtete sich der Verdacht auf Morbus Panner (3,1%) bei einem 5-jährigen Patienten (siehe Falldarstellung 2). Zum Zeitpunkt der zweiten postoperativen Bildgebung gab es im Vergleich zur Erstkontrolle keinerlei Hinweise auf eine bestehende Materiallockerung (siehe Abb. 26).

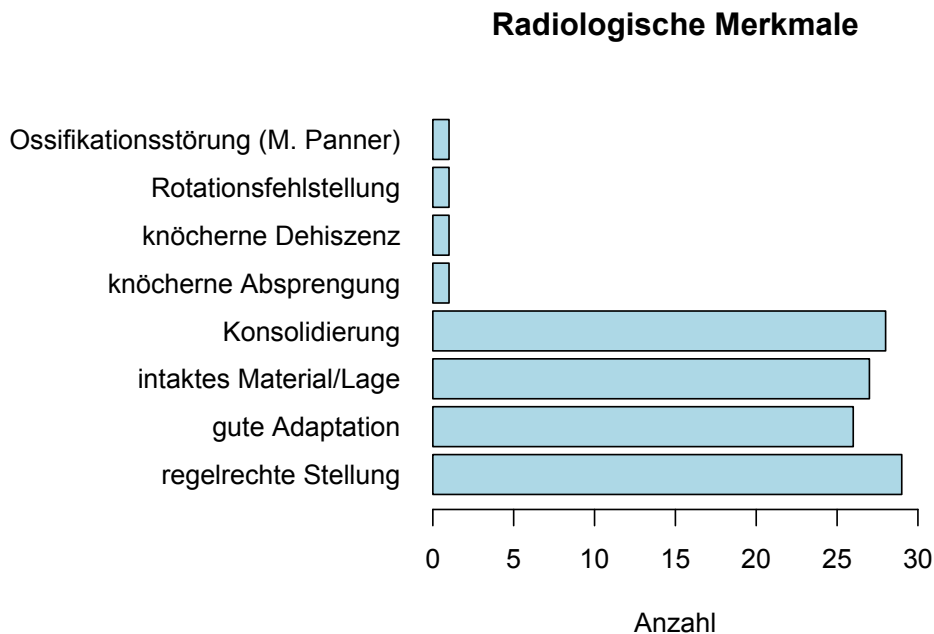


Abb. 26 Zweite postoperative Röntgenkontrolle - Ergebnisverteilung

4.1.15. Metallentfernung

Osteosynthesematerial stellt einen Fremdkörper im Organismus dar. Aus folgenden Gründen sollte im Kindesalter nicht auf eine Implantatentfernung verzichtet werden:

- Die Wechselwirkung der Metallionen mit dem Organismus sind noch nicht abschließend geklärt, und kontroverse Diskussionen diesbezüglich sind existent.
- Die Möglichkeit einer Behinderung des Knochenwachstums durch einliegendes Fremdmaterial ist nicht auszuschließen.

Entsprechend des gewählten Operationsverfahrens unterscheiden sich die Zeitpunkte der Metallentfernung. Die empfohlene Dauer bis zur Entfernung eines Kirschnerdrahtes beträgt 4-6 Wochen, der Zeitpunkt bis zur Entfernung einer Schraubenosteosynthese ist mit einem Minimum von 12 Wochen um einiges länger. Nach mehreren Jahren kann eine Metallentfernung deutlich schwieriger, bis gar unmöglich sein, so dass sich im Falle unseres

Patientenkollektivs grob an den in der Literatur beschriebenen Zeiten orientiert wurde. In Einzelfällen mussten Verzögerungen in Kauf genommen werden. Die im Rahmen der Vorstellung zur Metallentfernung (vor dem operativen Eingriff) dokumentierten klinischen Befunde wurden zur Erstellung einer weiteren klinischen Nachuntersuchungsstatistik herangezogen. Im Speziellen handelte es sich zu diesem Zeitpunkt um das Auftreten von Einschränkungen des Bewegungsausmaßes (Extensions-, Flexions-, Pronations- und Supinationsdefizit), Läsionen des N. ulnaris, einer dehiszenten Operationswunde, sowie Valgus- oder Varusfehlstellungen. Des Weiteren wurden ggf. aufgetretene Beschwerden wie Schwellungen, Schmerzen, Durchblutungsstörungen, Wundinfektionen und chronische Wundheilungsstörungen eruiert.

Zeitpunkt

In Abhängigkeit der gewählten Operationstechnik bzw. des Frakturtyps und dem Zeitpunkt der radiologisch bestätigten Konsolidierung der Fraktur wurde die Metallentfernung durchgeführt. 72 Patienten (Versorgung mit Kirschnerdrähten bzw. K-Draht-Schraubenkombination) wurden nach 4 bis 8 Wochen operiert (67,9%). In 28 Fällen (hauptsächlich Schrauben- und K-Draht-Schraubenosteosynthese) entschied man sich in Bezug auf die radiologisch nachgewiesene Konsolidierung der Fraktur zu einer Entfernung des gesamten Osteosynthesematerials nach 9-16 Wochen (26,4%). 18 Wochen nach Frakturversorgung wurde das Material einer Schraubenosteosynthese entfernt. Bei vier Patienten betrug die Dauer bis zur vollständigen Konsolidierung der Fraktur bzw. der Vorstellung zur ME mehr als 16 Wochen: jeweils einmal 18 (Schraube), 21 (K-Draht), 24 und 30 Wochen (K-Draht-Schraubenkombination). Bei zwei Patienten wurde die Entfernung des Fremdmaterials auf Grund des Wohnortes in einer anderen Klinik durchgeführt (siehe Tab. 11).

Wochen	Häufigkeit	Prozent
ME extern	2	1,9
4-8	72	67,9
9-16	28	26,4
18-30	4	3,8
Total	106	100,0

Tab. 11 Metallentfernung - Zeitpunkt in Wochen

Komplikationen

Zum Untersuchungszeitpunkt lagen bei 54 von 104 Patienten keinerlei Komplikationsmerkmale (51,9%) vor. Zum Zeitpunkt der Entfernung des Osteosynthesematerials wurde die Einschränkung des Bewegungsausmaßes in 47,1% dokumentiert. Eine alleinige Extensionsstörung war bei 12 Patienten vorhanden. Bei weiteren 28 bestand ein kombiniertes Defizit von Extensions- und Flexionsbewegung. Einmal existierte ein Zusammenhang mit einer Valgusfehlstellung (1%) und einmal mit einer Varusfehlstellung (1%). In zwei Fällen wurde eine Extensions-/ Flexions-/ Supinationsstörung erfasst. Eine Einschränkung aller Bewegungsrichtungen wurde bei sechs Patienten festgestellt. In einem dieser sechs Fälle bestand zudem eine Hypästhesie des N. ulnaris (1%), die bereits in der ersten postoperativen Kontrolle registriert worden war. Das Vorliegen einer reizlosen oberflächlichen Nahtdehiszenz (1%), die im Rahmen der zweiten Nachuntersuchung aufgefallen war, hatte weiterhin Bestand. Dies lag an dem kurzen Zeitabstand zwischen der 2. Kontrolle und der Entfernung des Fremdmaterials (0,5 Wochen). Gesichtspunkte wie Schmerzen, Schwellungen und Wundinfektionen, die in vorhergegangenen Untersuchungseinheiten präsent waren, waren zu diesem Zeitpunkt nicht mehr existent. Periphere Durchblutungsstörungen oder chronische Wundheilungsstörungen traten in der im Rahmen der Metallentfernung durchgeführten klinischen Kontrolle nicht auf. Die Erfassung der Komplikationen zum Zeitpunkt der Metallentfernung entfiel bei zwei Patienten, deren postoperative Betreuung auf Grund ihres Wohnortes nicht in der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital in München stattfand (siehe Abb. 27).

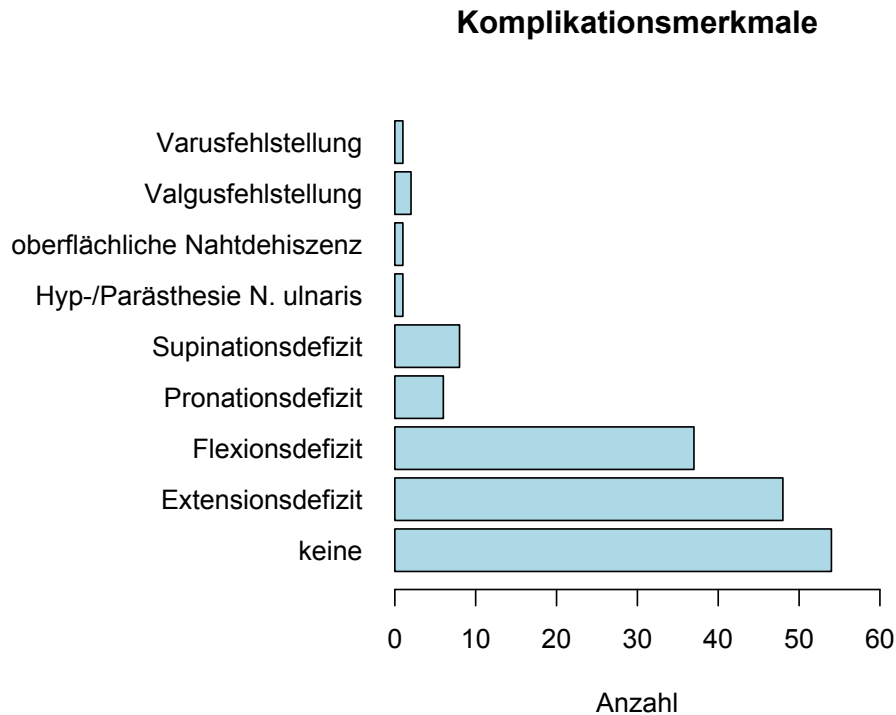


Abb. 27 Metallentfernung - Komplikationsverteilung

4.1.16. Dritte klinische Kontrolle postoperativ

Eine dritte klinische Kontrolle fand zur weiteren Verlaufsdokumentation nach Metallentfernung statt. Im Hinblick auf Frakturtyp, Operationstechnik und demzufolge dem Zeitpunkt der Röntgenkontrolle bzw. der Entfernung des Osteosynthesematerials ergab sich eine sehr breite Zeitspanne für die dritte klinische postoperative Kontrolle (5 bis 49 Wochen). Die nachuntersuchten Merkmale entsprachen denjenigen, die in den vorherigen klinischen Kontrollen zur Komplikationsdokumentation herangezogen worden waren. Hierbei handelte es sich primär um Defizite im Bereich aller Bewegungsachsen des Ellbogengelenks, im Sinne von Extension - Flexion und Pronation - Supination. Zudem wurde das Vorhandensein von Schwellung, Schmerzsymptomatik, Durchblutungsstörungen, Nervenläsionen (Hyp- bzw. Parästhesie), Wundinfektionen und chronischen Wundheilungsstörungen nachuntersucht. Zum Zeitpunkt der dritten postoperativen Kontrolle spielten im Besonderen eine Arthrofibrose, eine Varus- oder Valgusfehlstellung und eine aufgetretene Konsolidierungsstörung eine Rolle.

Zeitpunkt

Die Zeitspanne der dritten postoperativen Kontrolle gestaltete sich sehr variabel. Dies wird bedingt durch die unterschiedlichen Frakturtypen, Operationsmethoden und demzufolge den unterschiedlichen Zeitabständen zu Röntgenkontrolle und Entfernung des Osteosynthesematerials. 75 Patienten (70,8%) stellten sich zwischen der 5. und 25. Woche nach Primäroperation zur dritten klinischen Kontrolle in der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital vor. Die Nachuntersuchungen dieser Patienten lagen zeitlich nah am Zeitpunkt der jeweiligen Vorstellung zur Materialentfernung. Die restlichen in unserer Fraktursprechstunde nachuntersuchten 7 Patienten (6,6%) erschienen zum dritten Kontrolltermin zwischen 28 und 49 Wochen nach operativer Versorgung. Teilweise konnte ein Zusammenhang mit aufgetretenen Heilungsverzögerungen, zum Beispiel der noch fehlenden radiologisch vollständigen Konsolidierung, festgestellt werden. Zum anderen erfolgte die Verlaufsdokumentation nach Entfernung des Osteosynthesematerials mit einer gewissen Latenzzeit. 24 Patienten (22,6%) erschienen nicht zur dritten geplanten Nachuntersuchung in unserer Klinik (siehe Tab. 12).

Wochen	Häufigkeit	Prozent
keine/ externe Kontrolle	24	22,6
5-25	75	70,8
28-49	7	6,6
Total	106	100,0

Tab. 12 Dritte postoperative Kontrolle - Zeitpunkt in Wochen

Komplikationen

63,4% der in der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital nachuntersuchten Patienten waren zum Zeitpunkt der dritten postoperativen Kontrolle beschwerdefrei (52/82). Der Schwerpunkt der Probleme bezog sich mit einem Anteil von 34,1% (28/82) auf den Bereich der Bewegungsachsen des Ellbogengelenks. Es zeigten sich Defizite ausschließlich der Extension bei 8 Patienten und der Flexion bei 3 Personen. In den

übrigen 17/28 Casus handelte es sich um kombinierte Bewegungseinschränkungen. Zum Zeitpunkt der Entfernung des Osteosynthesematerials wurde die Eigenschaft eines Defizits der Beweglichkeit noch mit 47,1% angegeben. Dies bedeutet eine Reduktion des Merkmals um 13%. Bei einer Patientin zeigte sich nach Metallentfernung eine Arthrofibrose (1,2%) des Ellbogengelenks. Zunächst wurden diesbezüglich physiotherapeutische Maßnahmen begonnen, nach 24 Wochen erfolgte die Arthrolyse (siehe Falldarstellung 3). Vier Fälle (im Vergleich zum Zeitpunkt der ME: ein Patientenfall) mit einer diskreten Valgusfehlstellung (4,9%) wurden dokumentiert. Diesbezüglich wurden auf Grund des jungen Alters und der Selbstheilungstendenz des im Wachstum befindlichen Skelettsystems vorerst keinerlei weitere Maßnahmen eingeleitet. In einem Fall trat eine Konsolidierungsstörung (1,2%) auf. Keiner der Patienten klagte zu diesem Behandlungszeitpunkt über Schmerzen im verletzten Gelenk. Es konnten auch keinerlei Schwellungen, periphere Durchblutungsstörungen, Wundinfektionen bzw. chronische Wundheilungsstörungen nachgewiesen werden. Die zum Zeitpunkt der ME aufgetretene Abweichung in Varusrichtung bei einem Patienten war im Rahmen der dritten Kontrolluntersuchung nicht mehr diagnostizierbar. Auch die unmittelbar postoperativ dokumentierte N. ulnaris Läsion hatte sich bis zum Termin der 3. Nachuntersuchung vollständig regeneriert. Die reizlose oberflächliche Nahtdehiszenz einer Patientin wurde im Zuge der Materialentfernung verschlossen. 22 von 106 Patienten stellten sich nicht zur dritten Kontrolle in unserer Klinik vor. Dies lag zum einen an der vollkommenen Beschwerdefreiheit nach Metallentfernung, zum anderen an der Übernahme der weiteren Nachsorge durch die niedergelassenen kinderärztlichen Kollegen (siehe Abb. 28).

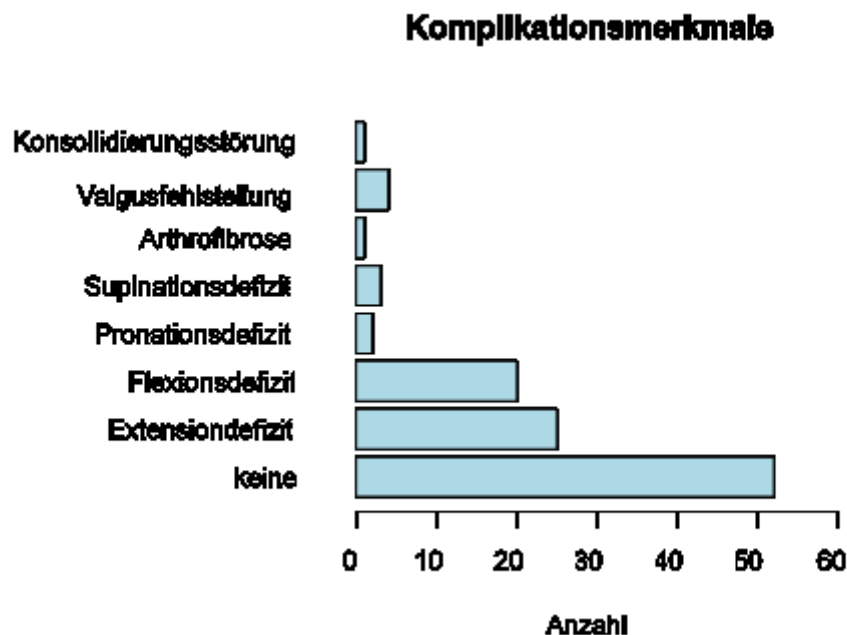


Abb. 28 Dritte postoperative Kontrolle - Komplikationsverteilung

Falldarstellung 3

Arthrofibrose

Eine zum Unfallzeitpunkt 12-jährige Patientin wurde in unserer Klinik nach einem Sturz auf den linken Ellbogen, der sich während des Trainings im Bereich Geräteturnen ereignet hatte, vorgestellt. Bei Aufnahme zeigte sich eine deutliche Schwellung, Schmerzhaftigkeit und Bewegungseinschränkung des linken Ellbogens. Die radiologische Diagnostik (Ellbogen in 2 Ebenen) veranschaulichte die Fraktur des Condylus radialis linksseitig. Bei einer Dislokation von 4-5mm war die Indikation zur Operation gegeben. Eine Operationsdauer von 67 Minuten war für die Reposition und Osteosynthese mittels divergierenden Kirschnerdrähten notwendig. Postoperativ erfolgte die Ruhigstellung der operierten Extremität für 4 Wochen. Präoperativ, im Rahmen der ersten (1 Woche) und zweiten klinischen Kontrolle (4 Wochen) postoperativ zeigten sich keinerlei Auffälligkeiten. Die radiologische Kontrolluntersuchung 4 Wochen postoperativ dokumentierte eine gute Stellung, regelrechte Artikulation, korrekte Lage des Osteosynthesematerials und die Konsolidierung der Fraktur. Zudem war eine kleine knöcherne Absprengung ersichtlich. Die Entfernung des einliegenden Osteosynthesematerials konnte zeitgerecht 6 Wochen posttraumatisch durchgeführt werden. Eine erneute Vorstellung der Patientin erfolgte 20 Wochen posttraumatisch auf Grund einer Einschränkung der Extension und Flexion von 0/40/100. Die radiologischen Kontrollbilder ließen keine Rückschlüsse auf eine knöcherne Ursache zu und die Diagnose der Arthrofibrose wurde gestellt. Gemäß Morrey [8] legte man den Erziehungsberechtigten die Möglichkeit der Arthrolyse nahe. 24 Wochen posttraumatisch erfolgte der erneute operative Eingriff. Im Anschluss an die OP erhielt die Patientin sowohl eine Motorschiene zur passiven Verbesserung

der Beweglichkeit des linken Ellbogens, als auch physiotherapeutische Beübung. In einer weiteren Kontrolluntersuchung 10 Wochen nach Arthrolyse konnten normale Bewegungsausmaße des linken Ellbogengelenkes von 0/0/130 dokumentiert werden. Die physiotherapeutische Beübung wurde somit beendet. Die klinische Untersuchung zum Behandlungsabschluss ein Jahr posttraumatisch zeigte erneut einen schlechten Bewegungsumfang des linken Ellbogengelenkes von 0/45/110. Nach ausführlicher Beratung der weiteren therapeutischen Optionen entschieden sich die Patientin und die Erziehungsberechtigten zum jetzigen Zeitpunkt gegen ein weiteres operatives Vorgehen.

4.1.17. Spätkomplikationen

Die Datenerfassung bezüglich des Auftretens von Spätkomplikationen basiert auf der Auswertung der ambulanten Patientenakten. Die Nachuntersuchung zum Behandlungsabschluss des gesamten Patientenkollektivs erfolgte mindestens ein Jahr nach der primären Traumaversorgung. Es konnte bei 104 Untersuchungsteilnehmern eine abschließende Dokumentation erhoben werden. Auf Grund der Wohnortsituation der Patienten konnten in zwei Fällen keine abschließenden Informationen zum Auftreten von Spätkomplikationen erlangt werden. Zu 90,4% traten zum Zeitpunkt des Behandlungsabschlusses keinerlei Einschränkungen oder Behinderungen im Bereich der verletzten Extremität auf. Bei 7/104 Patienten unseres Kollektivs traten Spätkomplikationen im Sinne von Defiziten im Bereich der Bewegungsachsen des Ellbogengelenks auf (entspricht 6,7%). Im Einzelnen handelte es sich hierbei um drei isolierte Extensionsdefizite und vier kombinierte Störungen der Extensions - Flexionsachse. 5 der 7 dokumentierten Störungen führten zu keiner wesentlichen Einschränkung des Bewegungsausmaßes und spielten im täglichen Leben der kleinen Patienten keine Rolle. In Absprache mit den Eltern wurden keine korrigierenden Maßnahmen ergriffen. In einem Fall (Fraktur des Epic. ulnaris und des Cond. radialis) zeigte sich eine maßgebliche Einschränkung der Beweglichkeit von Ex/Flex 0/30/90. Analog den Erkenntnissen Morreys [8] wurde den Eltern dieses Patienten eine Arthrolyse empfohlen. Bis zur Auswertung dieser Arbeit hatten sich die Erziehungsberechtigten nicht zu einer weiteren operativen Therapie entschieden (siehe Falldarstellung 1). Eine Patientin zeigte im Verlauf der Behandlung das Bild einer Arthrofibrose. Es erfolgte 24 Wochen nach Primärversorgung eine Arthrolyse. Daraufhin war eine deutliche Besserung der Beweglichkeit des Ellbogengelenks zu verzeichnen. Im weiteren Verlauf kam es wiederum zu einer Verschlechterung des Umfangs der Extensions - Flexions - Achse (0/45/110 nach Neutralnullmethode). Es erfolgte nach ausführlicher Aufklärung und Dokumentation auf

Wunsch der Mutter der Behandlungsabschluss (siehe Falldarstellung 3). Im direkten Vergleich mit der dritten klinischen Kontrolluntersuchung zeigten sich deutlich weniger Komplikationen im Bereich der Bewegungsachsen (minus von 27,4%). Bei einem 5-Jährigen zeigte sich rein radiologisch das Bild einer Wachstumsstörung im Frakturbereich nach operativer Versorgung einer Verletzung des Cond. ulnaris. Bei einer kleinen Patientin zeigte sich eine übermäßige Keloidbildung (siehe Abb. 30). Der Behandlungsabschluss erfolgte ohne weitere Therapie. Zum Zeitpunkt der Erhebung der Spätkomplikationen bestand in zwei Fällen eine Valgusfehlstellung (1,9%) und in einem Fall eine Fehlstellung in Varusrichtung (1%). Diese waren optischer Natur und es bestand kein funktionelles Defizit. Die Gesichtspunkte der Schmerzsymptomatik, der Schwellung, der peripheren Durchblutungsstörungen, der Wundinfektionen bzw. chronischen Wundheilungsstörungen und der Nervenläsionen konnten zum Zeitpunkt der Erhebung der Spätkomplikationen ausgeschlossen werden. Eine im Rahmen der dritten Kontrolle beobachtete Konsolidierungsstörung präsentierte sich zum letzten Untersuchungstermin als vollständig konsolidierte, ausgeheilte Fraktur nach Entfernung des Osteosynthesematerials (siehe Abb. 29).

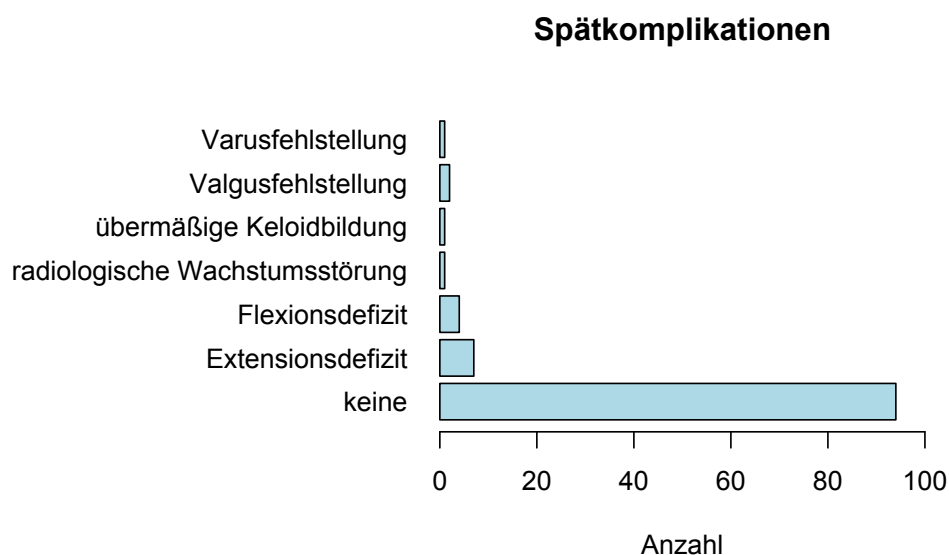


Abb. 29 Verteilung der Spätkomplikationen

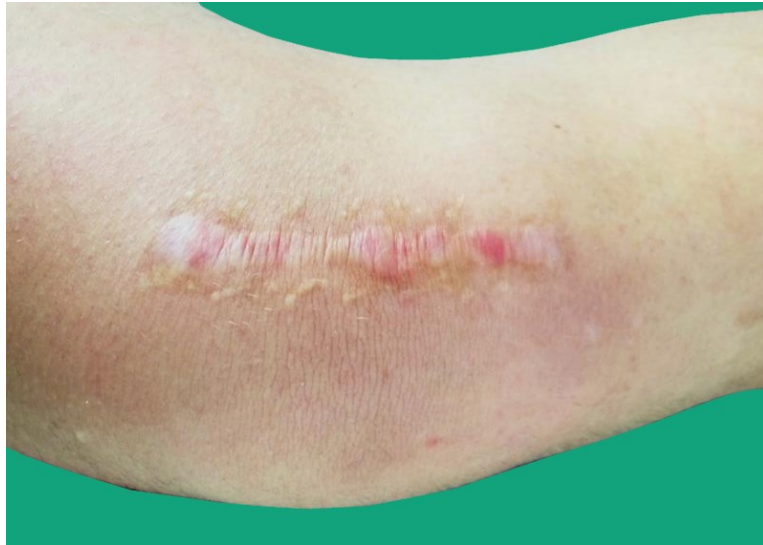


Abb. 30 Übermäßige Keloidbildung nach Condylus radialis Frakturversorgung rechts

4.2. Analyse von Abhängigkeiten und Zusammenhängen

Nach Anlage der Datenbank und Auswertung der Ergebnisse werden in folgendem Abschnitt Zusammenhänge bzw. Abhängigkeiten der Einzelvariablen analysiert.

4.2.1. Abhängigkeit des Alters und der Geschlechterverteilung von Unfallmechanismus und Spätkomplikationen

Die Geschlechterverteilung der Kinder mit Frakturen am distalen Humerus zeigte eine deutliche Abhängigkeit vom Alter bei Eintritt der Verletzung. In den Gruppen der 2-4 Jährigen und der 7-8 Jährigen zeigte sich ein ausgeglichenes Verteilungsmuster der beiden Geschlechter. Sowohl bei den 5-6 Jahre alten Patienten (3:2), als auch bei den 9-11 Jährigen (7:5) lag die Dominanz geringfügig auf Seiten der Jungen. Nach Eintritt in das Pubertätsalter (in unserem Patientenkollektiv 12-17 Jahre) war das männliche Geschlecht in Bezug auf die Frakturhäufigkeit deutlich führend (7:2). Diese Verteilungsmuster sind durch die geschlechtstypischen Unterschiede in Bezug auf das Verhalten, die Ausübung von Sportarten und die beim Sturz einwirkenden Kräfte der jeweiligen Altersstufen zu erklären.

Der zum Trauma führende Unfallmechanismus war sowohl alters- als auch geschlechtsabhängig. Fahrradstürze traten in allen Altersgruppen auf, die Dominanz lag mit 6:1 deutlich auf Seiten der männlichen Patienten. Spielplatzunfälle waren bei den unter 7

Jährigen in beiden Geschlechtergruppen gleich häufig anzutreffen. Ab einem Alter von 9 Jahren erlitten in einem Verhältnis von 5:1 mehr Jungen Frakturen am distalen Humerus. Verletzungen, die bei der Ausübung von Sportarten u.a. Fußball und Skifahren entstanden, ereigneten sich erst ab einem Alter von 7 Jahren. Mädchen und Jungen waren in einem Verhältnis von 2:5 betroffen. Stürze im Rahmen der Trampolinbenutzung kamen in jeder Altersstufe vor, die Geschlechterverteilung war ausgeglichen. Ebenfalls in jedem Alter führten Stürze von Spielgeräten aus unterschiedlichen Höhen zu Frakturen am distalen Humerus. Es gab diesbezüglich, bis auf die Altersgruppe der >12 Jährigen (8:0 männlich), keine Dominanz eines der beiden Geschlechter. Trendsportarten (z.B. Skateboarden, Slackline) waren ursächlich für Frakturen ab einem Alter von 13 Jahren. Betroffen waren zu 100% die männlichen Patienten. Die unterschiedlichen Unfallursachen beruhen auf den differierenden Interessengebieten der Freizeitgestaltung des männlichen und weiblichen Patientenkollektivs.

Im Altersbereich bis zu 4 Jahren traten keinerlei Spätkomplikationen auf. Einschränkungen der Beweglichkeit waren gleichermaßen auf beide Geschlechter verteilt und existierten erst ab einem Alter von 6 Jahren. Es kann geschlussfolgert werden: je ausgeprägter die Bewegungseinschränkung, desto älter waren die Patienten zum Unfallzeitpunkt. Zu 100% handelte es sich bei Fehlstellungen in Varusrichtung um Mädchen im Alter von 7 bis 8 Jahren. Valgusfehlstellungen zeigten keine Dominanz eines der beiden Geschlechter und kamen in der Gruppe der 7-8 und der >12 Jährigen vor. Die im Rahmen der Spätkomplikationen dokumentierte übermäßige Keloidbildung (Altersgruppe: 5-6 Jahre) betraf das weibliche Geschlecht. Die rein radiologisch auffällige Wachstumsstörung war bei einem männlichen Patienten der gleichen Alterskategorie zu finden.

4.2.2. Häufigkeitsverteilung des Auftretens von Spätkomplikationen in Bezug auf Unfallmechanismus, Operationstechnik, Operationsdauer und Ruhigstellungszeit

Die Untersuchung des Auftretens von Spätkomplikationen in Bezug auf den Unfallmechanismus zeigte eine geringe Häufung nach Stürzen aus größerer Höhe (4 von 10 Patienten). Unfälle beim Sport (Turnen, Fußball, Judo) waren in drei Fällen die Ursache für Bewegungseinschränkungen. Nach Traumata, denen Stürze beim Reiten (2x) zu Grunde lagen, waren Spätkomplikationen der Einschränkung von Extension/Flexion und Fehlstellungen in Varusrichtung zu verzeichnen. Das Auftreten der überschießenden Keloidbildung zum

Zeitpunkt der Dokumentation von Spätkomplikationen trat in Zusammenhang mit einer Hemmung der Extension bei einer Patientin nach Fraktur während eines Spielplatzaufenthalts auf.

Die Analyse der Abhängigkeit von Spätkomplikationen und Operationstechnik brachte eine geringe Komplikationsrate der isolierten Versorgungstechniken zu Tage: K-Draht 2,9% (Extensions-/Flexionsdefizit, Valgusfehlstellung), Schraubenosteosynthese 13,3% (Extensionsdefizit, übermäßige Keloidbildung). Patienten, die mit der Kombination Kirschnerdraht + Schraube therapiert wurden, waren zu 73,9% komplikationsfrei. Bei 26,1% dieses Versorgungstyps waren Auffälligkeiten im Sinne einer Spätkomplikation zu verzeichnen (Bewegungseinschränkungen, Varus- bzw. Valgusfehlstellungen, radiologische Wachstumsstörung).

Die Prüfung der Abhängigkeit von OP Dauer und dem Vorkommen von Spätkomplikationen erbrachte folgende Ergebnisse: Bei einer reinen Operationszeit von bis zu einer Stunde kam es in 7,7% der Fälle zum Auftreten einer späteren Komplikation. Diese waren Bewegungseinschränkungen (4x), Valgusfehlstellungen (2x) und übermäßige Keloidbildung (1x). Dauerte die operative Versorgung zwischen einer und zwei Stunden, waren 11,1% mit Problemen im postoperativen Heilungsverlauf behaftet. Es handelte sich um Störungen der Ellbogenbeweglichkeit (2x), Varusfehlstellung (1x) und radiologisch sichtbare Wachstumsstörung (1x). Bei Eingriffen mit einer Operationszeit zwischen zwei und drei Stunden konnten keinerlei Komplikationen eruiert werden. Bei einer komplexen Frakturosteosynthese lag die OP Zeit bei 220 Minuten. Die Datenanalyse dieses Falles zeigte eine kombinierte Extensions-/ Flexionseinschränkung, dies entspricht einer Komplikationsrate von 20%. Dieser Auswertung ist zu entnehmen: eine Zunahme der Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Spätkomplikation ist signifikant abhängig von der Dauer der operativen Versorgung.

Es bestand ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen der Dauer der postoperativen Immobilisation und dem Vorkommen späterer Komplikationen. Zusammenfassend kann gesagt werden: Je länger die operierte Extremität ruhig gestellt wurde, desto größer war die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Spätkomplikation. Bei einer Immobilisation von < 4 Wochen kam es bei 5% der Patienten zu einer Bewegungseinschränkung, teils in Kombination

mit einer Valgusfehlstellung. Die mittlere Ruhigstellungsdauer betrug 4 Wochen. In dieser Auswahl traten zu 9% Spätkomplikationen auf (Bewegungsdefizite in 4/6 und Fehlstellungen in Valgus- bzw. Varusrichtung in jeweils 1/6 Fällen). Betrug die postoperative Ruhigstellung 5-8 Wochen stieg die Komplikationsrate auf 18,8% an (2x Bewegungseinschränkung, 1x radiologische Wachstumsstörung, 1x übermäßige Keloidbildung).

4.2.3. Zusammenhang von Operationstechnik und Operationsdauer

Ein kausaler Zusammenhang ließ sich bei Betrachtung der Operationsdauer in Bezug auf die Verfahrenstechnik erkennen. 67,7% aller Frakturen, die mittels Kirschnerdrähten versorgt worden waren, hatten eine Operationszeit unter 60 Minuten. Auch Schraubenosteosynthesen konnten zu 66,7% innerhalb einer Stunde abgeschlossen werden. Die Zeitspanne der OP Techniken, bei denen kombinierte osteosynthetische Verfahren (K-Draht + Schraube) angewandt wurden, betrug in 60,8% der Fälle mehr als eine Stunde (65 - 220 Minuten). Dies steht in direktem Zusammenhang mit komplexeren Fraktursituationen in den Fällen, die mittels Kombinationstechniken versorgt wurden.

4.3. Frakturtypbezogene Ergebnisauswertung

Frakturtyp	Anzahl (n)	Geschlechterverteilung (m:w)	Altersspanne (Jahre)	Durchschnittsalter (Jahre)
Epic. ulnaris #	53	24:29	4-16	9,5
davon mit Luxation	18	10:8	5-16	10,8
Cond. ulnaris #	3	3:0	5-16	11,3
Cond. radialis #	43	30:13	2-13	6,3
davon mit Luxation	2	2:0	3-5	4,0
bicondyläre Y #	4	4:0	13-17	15,0
Epic. ulnaris + Cond. radialis #	3	3:0	11-14	13,0
davon mit Luxation	1	1:0	11	11,0
# mit Luxation	21	13:8	3-16	10,1
Mehrfach #	13	9:4	5-16	9,8

Tab. 13 Frakturtypbezogene Geschlechts- und Altersverteilung

In Bezug auf die Geschlechterverteilung der Frakturen am distalen Humerus handelte es sich bei Frakturen des Condylus ulnaris und bei bicondylären Y - Frakturen ausschließlich um eine Verletzung der Jungen (Verhältnis 3:0 bzw. 4:0). Auch im Rahmen der Condylus radialis Frakturen waren deutlich häufiger männliche Patienten betroffen (30:13). Keine wesentlichen Unterschiede gab es in der Geschlechterverteilung bei Frakturen des Epicondylus ulnaris (24:29). Luxationsfrakturen (13:8) und Frakturen am distalen Humerus, die mit einer Begleitverletzung einher gingen (9:4), waren ebenfalls häufiger auf Seiten der Jungen anzutreffen.

Die Verteilung der verschiedenen Frakturtypen hinsichtlich des Alters zum Unfallzeitpunkt zeigte keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Frakturen des Epicondylus ulnaris, des Condylus ulnaris und des zusätzlichen Vorhandenseins einer Begleitfraktur (Mittelwerte zwischen 9,5, 9,8 und 11,3 Jahren). Mit einem mittleren Alter von 6,3 Jahren waren die Patienten mit isolierten Condylus radialis Frakturen deutlich jünger. Infolge der beim Unfall einwirkenden Kräfte traten in unserem Patientenkollektiv bicondyläre Y - Frakturen zwischen dem 13. und 17. Lebensjahr (Mittelwert: 15,0 Jahre) auf. Aus physiologischen und anatomischen Gründen spielten Luxationsfrakturen, bis auf drei Ausnahmen (3-5 Jahre), erst ab einem Alter von 7 Jahren in unserer Auswertung eine Rolle. Es zeigte sich eine deutliche Differenz des durchschnittlichen Alters der Kinder, die im Zuge einer Ellbogenluxation eine Fraktur des distalen Humerus erlitten hatten: Patienten mit Fraktur des Epicondylus ulnaris (im Mittel 10,8 Jahre), waren deutlich älter, als diejenigen, die sich eine Fraktur des Condylus radialis (im Mittel 4,0 Jahre) zugezogen hatten.

Bezüglich des Unfallmechanismus zeigte sich keine Signifikanz in der Verteilung der Frakturtypen.

Frakturen am distalen Humerus im Kindesalter - Behandlungsergebnisse und Überlegungen zum Frakturmechanismus

Frakturtyp	OP-Dauer (Min.)	OP-Dauer Durchschnitt (Min.)	Ruhigstellungs-dauer (Wo.)	Ruhigstellungs-dauer Durchschnitt (Wo.)	Dauer bis ME (Wo.)	Dauer bis ME Durchschnitt (Wo.)
Epic. ulnaris #	30-130	62,6	1-8	3,8	4-18	7,4
davon mit Luxation	40-98	62,9	1-5	3,2	4-18	9,1
Cond. ulnaris #	58-155	104,3	4-7	5,7	6-16	9,3
Cond. radialis #	27-110	55,8	1-8	3,9	4-24	8,2
davon mit Luxation	38-40	39,0	4-5	4,5	4-6	5,0
bicondyläre Y #	35-137	99,3	2-8	4,8	8-16	12,0
Epic. ulnaris + Cond. radialis	10-220	106,7	4-6	4,7	5-30	14,3
davon mit Luxation	10	10,0	4	4,0	5	5,0
# mit Luxation	10-98	58,1	1-5	3,3	4-18	8,1
Mehrfach #	27-155	76,2	2-6	3,5	4-21	8,2

Tab. 14 Dauer der Operation, der Ruhigstellung und bis zur ME in Bezug auf den Frakturtyp

Die operative Versorgung der Brüche des Epicondylus ulnaris nahm im Mittel 62,6 Minuten in Anspruch. Mit einer Operationszeit von mindestens 58 Minuten waren die anatomisch korrekte Reposition und Osteosynthese der Condylus ulnaris Frakturen deutlich zeitaufwendiger. Condylus radialis Frakturen konnten mit einer mittleren OP Zeit von 55,8 Minuten versorgt werden. Bicondyläre Y - Frakturen wurden im Mittel innerhalb von 100 Minuten stabilisiert. Die Dauer der Operation der Frakturen mit Begleitverletzung und der Luxationsfrakturen war entscheidend abhängig von den beteiligten Knochenkomponenten. Es zeigte sich eine große Streuung der OP Zeiten von 10 Minuten bis zu 2 Stunden 35 Minuten. Eine Frakturkonstellation von Epicondylus ulnaris und Condylus radialis nahm mit 220 Minuten etwas mehr als 3,5 Stunden in Anspruch.

Die Ruhigstellungszeiten variierten in Abhängigkeit des Frakturtyps bzw. der OP Methode. Patienten, deren Diagnose Fraktur des Epicondylus ulnaris, des Condylus radialis, Luxationsfraktur oder Fraktur des distalen Humerus mit Begleitverletzung war, erhielten postoperativ eine Ruhigstellung in einer Oberarmcastschiene im Mittel zwischen 3,2 und 4,5 Wochen. Die Immobilisation der Frakturen des Condylus ulnaris lag bei einer Dauer von 4 bis 7 Wochen (Mittelwert: 5,7 Wochen). Ebenfalls eine im Mittel längere Schienung von 4,8 Wochen zeigten bicondyläre Y - Frakturen. Die mittlere Ruhigstellungsdauer der Frakturtypen unseres Patientenkollektivs konnte mit 4,6 Wochen ermittelt werden.

Frakturen am distalen Humerus im Kindesalter - Behandlungsergebnisse und Überlegungen zum Frakturmechanismus

Das Osteosynthesematerial, das zur Therapie der Frakturen am distalen Humerus bei unseren Patienten eingebracht worden war, wurde im Mittel nach 5,0 bis 14,3 Wochen in Abhängigkeit von Frakturtyp und Versorgungsmethode entfernt. Bei Verletzungen, bei denen kombinierte Frakturformen vorlagen, war die mediane Liegedauer des Osteosynthesematerials entscheidend von den beteiligten Frakturkomponenten abhängig. Allgemein galt diesbezüglich: je komplexer das Frakturausmaß, desto länger die Zeitspanne bis zur radiologisch gesicherten Konsolidierung und somit zur Materialentfernung.

Frakturtyp	OP-Technik Anzahl (n)	Spätkomplikationen Anzahl (n)	Ausmaß der Bewegungseinschränkung (NNM)
Epic. ulnaris #	44x K-Draht 5x K-Draht + Schraube 4x Schraube	1x Bewegungseinschränkung + Valgusfehlstellung 30° 1x Valgusfehlstellung 15°	- 0/15/120
davon mit Luxation	12x K-Draht 3x K-Draht + Schraube 3x Schraube	1x Bewegungseinschränkung + Valgusfehlstellung 30°	- 0/15/120
Cond. ulnaris #	1x K-Draht 2x K-Draht + Schraube	1x radiologisch: Wachstumsstörung	
Cond. radialis #	21x K-Draht 13x K-Draht + Schraube 9x Schraube	4x Bewegungseinschränkung 1x Bewegungseinschränkung + übermäßige Keloidbildung 1x Varusfehlstellung 20°	- 0/25/150 - 0/20/120 - 0/10/140 - 0/45/110 - 0/45/140
davon mit Luxation	2x K-Draht	-	-
bicondyläre Y #	1x K-Draht 1x K-Draht + Schraube 2x Schraube	-	-
Epic. ulnaris + Cond. radialis	1x K-Draht 2x K-Draht + Schraube	1x Bewegungseinschränkung	- 0/30/90
davon mit Luxation	1x K-Draht	-	-
# mit Luxation	15x K-Draht 3x K-Draht + Schraube 3x Schraube	1x Bewegungseinschränkung + Valgusfehlstellung 30°	- 0/15/120
Mehrfach #	11x K-Draht 2x K-Draht + Schraube	-	-

Tab. 15 Frakturtypbezogene OP Technik und Spätkomplikationsstatistik

83,0% der Epicondylus ulnaris Frakturen wurden mittels K-Draht Osteosynthese und 9,4% mittels K-Draht + Schrauben versorgt. 7,5% wurden verschraubt. Die Therapie der Condylus ulnaris Fraktur erfolgte in einem Fall mittels Kirschnerdrahtosteosynthese, in 2 Fällen mit einer Kirschnerdraht-Schrauben-Kombination. Im Rahmen der Versorgung der Condylus radialis Frakturen kamen sowohl die isolierte Anwendung von K-Drähten (21 von 43 Fällen) und Schrauben (9 von 43 Fällen), als auch die Kombination der beiden Verfahren (13 von 43 Fällen) zum Einsatz. Bei 50% der bicondylären Y - Frakturen war die Verschraubung das Mittel der Wahl. Einmal erfolgte bei dieser Frakturkonstellation die Stabilisierung mittels K-Draht + Schraube und einmal rein mit Kirschnerdrähten. Die operative Versorgung der Frakturen mit Luxationsbeteiligung bzw. Begleitfrakturen richtete sich in Bezug auf die Wahl des Osteosyntheseverfahrens nach den beteiligten ossären Komponenten.

Mit einer Komplikationsrate von 3,8% präsentierte sich in unserem Patientenkollektiv die Epicondylus ulnaris Fraktur. In 2/53 Fällen kam es zu Bewegungseinschränkungen bzw. Valgusfehlstellungen des Ellbogengelenks. Zur abschließenden Untersuchung zeigte sich bei einer Condylus ulnaris Fraktur rein radiologisch das Bild einer Wachstumsstörung im Sinne einer Fischeschwanzdeformität. In unserer Analyse ist die Condylus radialis Fraktur die Fraktur mit der höchsten Spätkomplikationsrate (14,0%). Es zeigte sich eine Kumulation der Bewegungseinschränkungen nach Condylus radialis Frakturen (5/7 Fälle der aufgetretenen Defizite der Beweglichkeit). Die genauen Bewegungsausmaße nach Neutralnullmethode können Tab. 15 entnommen werden. Ebenfalls nach Condylus radialis Frakturen traten jeweils einmal eine Varusfehlstellung und einmal eine übermäßige Keloidbildung zum Zeitpunkt des Behandlungsabschlusses auf. Eine Bewegungseinschränkung von 0/30/90 war im Falle einer Frakturkombination von Epicondylus ulnaris mit Condylus radialis augenscheinlich. Luxationsfrakturen waren zu 4,8% komplikationsbehaftet (1/21 - Bewegungseinschränkung in Kombination mit Valgusfehlstellung von 30°). In unserem Patientenkollektiv gab es keine Spätkomplikationen nach bicondylären Y - Frakturen.

5. Diskussion

Circa 75% aller Frakturen des Kindesalters betreffen die obere Extremität. Hiervon fallen rund 15% in den Bereich des distalen Humerus. Somit repräsentiert der distale Humerus die zweithäufigste Frakturlokalisation, nach Frakturen des distalen Unterarmes. [2]

Diagnostisch und therapeutisch hat die Minimierung von Spätfolgen, insbesondere Defiziten der Ellbogenbeweglichkeit und daraus resultierenden Funktionsstörungen der oberen Extremität einen hohen Stellenwert. Aus diesem Grund ist eine altersgerechte Behandlung unter Berücksichtigung der anatomischen Verhältnisse und des Wachstumspotenzials des Skelettsystems unerlässlich.

Die vorliegende retrospektive Arbeit umfasst die Analyse der Daten von 106 Patienten mit Frakturen am distalen Humerus, die zwischen 2003 und 2013 operativ in der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital versorgt wurden.

Ziel dieser Analyse ist es, eine Auswertung des eigenen Patientenkollektivs zu erstellen und Übereinstimmungen bzw. Abweichungen im Vergleich zu vorhandenen Studienergebnissen herauszuarbeiten. Zudem sollen an Hand der gewonnenen Daten Rückschlüsse auf biomechanische Aspekte in Bezug auf den Frakturmechanismus herausgestellt und erörtert werden. Dies soll Aufschluss geben über die Häufung der Frakturen des Condylus radialis und des Epicondylus ulnaris.

Das Augenmerk wird auf epidemiologische Basisdaten, wie das Alter bei Verletzung, die Geschlechter- und Seitenverteilung und den Unfallmechanismus gelegt. Es werden die zur Operation gehörenden Eckpunkte dargestellt. Diese umfassen die Indikationsstellung, die Operationstechnik, die Dauer der operativen Versorgung, sowie die postoperative Immobilisationspanne und die Daten zur Metallentfernung. Auch die Komplikationsstatistik der eigenen Datenbank wird mit Publikationen anderer Autoren verglichen und diskutiert.

Um eine übersichtliche Darstellung zu erhalten, erfolgen die Interpretation der eigenen Datensammlung und der Vergleich mit veröffentlichten Studienergebnissen - ausgenommen der Seitenangabe der verletzten Extremität, der Unfallursache, der OP Indikation und dem Auftreten präoperativer Besonderheiten - in Bezug auf den jeweiligen Frakturtyp.

Im Seitenvergleich der frakturierten Extremität ist bei unseren Patienten mit einem Verhältnis von 63:43 deutlich häufiger der linke Arm verletzt (59,4% links; 40,6% rechts). Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen auch Ulmar et al. (54,5% links; 45,5% rechts) [35], Leet et al. (57,1% links; 42,9% rechts) [36], Benz et al. [37] und Re et al. (73,3% links; 26,7% rechts) [38] in ihren Studien. Geht man davon aus, dass bei einer Mehrzahl der Kinder der rechte Arm dominant ist, muss den Ergebnissen zufolge angenommen werden, dass bei einem Sturz die nicht dominante Hand als Schutzhand benutzt wird. Re et al. führen noch eine weitere These für die deutliche Dominanz der Fraktur der linken Seite an: die nicht dominante Seite könnte auf Grund geringerer neuromuskulärer Koordination verletzungsanfälliger sein [38]. Die vorliegende Studie lässt sich bezüglich dieser Aussage Res et al. nicht vergleichen, da in den zur Datenauswertung herangezogenen Patientenakten die Händigkeit der Kinder unzureichend dokumentiert worden war.

Dem zur Fraktur am distalen Humerus führenden Unfallmechanismus liegen Stürze auf den im Ellbogengelenk gestreckten Arm unter Varus- bzw. Valgusstress zu Grunde. Diese Aussage findet sich einheitlich in der gesamten Literatur [35] [36] [39-50]. Genau diese Bewegungskombination stellt den natürlichen, instinktiven Mechanismus dar, Stürze abzufangen. Zur Entstehung der bicondylären Y - Fraktur ist folgendes bekannt: Bei direktem Sturz auf den Ellbogen wird das Olecranon in die Trochlea gedrückt, und die Pfeiler des distalen Humerus werden auf diese Weise gespalten [14, p. 304] [38].

Die Entstehungsursache der Verletzungen in unserem Patientenkollektiv zeigt folgende Verteilung:

37,7%	häusliches Umfeld, Schule oder Verkehrsunfälle
27,4%	Freizeitbetätigungen (Fahrrad, Reiten, Schlittschuh) und Trendsportarten (Ski, Snowboard, Slackline, Skateboard, Trampolin)
22,6%	Sport (Fußball, Judo, Handball, Turnen)
12,3%	Spielplatz

Diesbezüglich zeigen unsere Resultate keinerlei Abweichungen zu den Ergebnissen anderer Autoren [38] [41] [51] [52].

Bei Vorliegen einer Ellbogenluxation wurde diese zunächst umgehend in Allgemeinnarkose reponiert, und an Hand des Frakturausmaßes der beteiligten Knochenkomponenten die Indikation zur Operation gestellt. Die Indikation zur operativen Versorgung wurde bei den Patienten dieser Analyse bei Gelenkbeteiligung (Gelenkstufe, Auftreten eines in das Ellbogengelenk eingeschlagenen Epicondylus ulnaris Fragments), Dislokation der Frakturelemente von mehr als 2-5 mm, knöcherner Dehiszenz von größer gleich 2mm und sekundärer Dislokation gestellt. Eine Vielzahl von Autoren zieht ebenfalls diese Charakteristika zur operativen Entscheidungsfindung heran [38] [40] [42] [44-46] [52-63]. Wheelless [45] und Jani [59] beschreiben zudem eine Gefäß- oder Nervenläsion als absolute OP Indikation. Des Weiteren wird die operative Therapie der Fraktur in verschiedenen Publikationen bei Auftreten einer offenen Fraktur [44] [62] oder Ellbogeninstabilität [44] [52] forciert. Diesbezüglich zeigt das Vorgehen in der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital keinerlei Abweichung.

Präoperative Besonderheiten, im Sinne von Läsionen des N. ulnaris (n=2), einer Refraktur (n=1) oder das Auftreten eines in das Ellbogengelenk eingeschlagenen Epicondylus ulnaris Fragments (n=1), lagen bei vier Patienten vor. Dies entspricht einem Prozentsatz von 3,8% in unserem Kollektiv. Die initial vorhandenen und im Verlauf reversiblen Defizite des N. ulnaris von 1,9% in unserem Patientenkollektiv befinden sich im Bereich der Ergebnisse anderer Autoren [64] [65]. Wesentlich höhere Raten finden sich in der Arbeit von Ulmar et al. [35] und Haxhija et al. [48]. Re et al. beziffern die primär vorhandene Inzidenzrate von neuropathischen Störungen des N. ulnaris mit 26,7%, alle Läsionen waren im Heilungsverlauf reversibel [38].

In der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital wurden in den Jahren 2003 bis 2013 106 Patienten mit Frakturen der Epicondylen und Condylen operativ versorgt. Zu 50% (n=53) handelte es sich um Frakturen des Epicondylus ulnaris. Dicht gefolgt von den Condylus radialis Frakturen (40,6%; n=43). Relativ selten fanden sich Frakturen des Condylus ulnaris (2,8%; n=3), transcondyläre Y - Frakturen (3,8%; n=4) und Kombinationen von Frakturen des Epicondylus ulnaris zusammen mit dem Condylus radialis (2,8%; n=3). Frakturen des Epicondylus radialis waren in unserem Patientenkollektiv nicht vorhanden.

19,8% der Frakturen des distalen Humerus waren mit einer Luxation (n=21) des Ellbogengelenks vergesellschaftet. In 85,7% war bei einer Luxation der Epicondylus ulnaris (n=18) frakturiert. Die Fraktur des Condylus radialis (n=2) im Rahmen einer Luxation war mit 9,5% deutlich seltener. In einem Fall betraf die Luxationsfraktur Epicondylus ulnaris und Condylus radialis (4,8%).

12,3% aller zur Analyse herangezogenen Verletzungen gingen mit einer zusätzlichen Fraktur der oberen Extremität (n=13) der gleichen Seite einher. Am häufigsten, mit einer Wahrscheinlichkeit von 77%, kam es in unserer Datenerhebung zu einer Begleitfraktur von Ulna/Radius (n=10). In 23% frakturierte zudem der Humerus supracondylär (n=3).

Fraktur des Epicondylus ulnaris

Basisdaten

Frakturen des Epicondylus ulnaris (n=53) traten in unserem Patientenkollektiv mit einer Inzidenz von 50,0% auf. In 34,0% der Fälle (n=18) war die Fraktur des Epicondylus ulnaris mit einer Ellbogenluxation assoziiert. 15,1% der Epicondylus ulnaris Frakturen wiesen eine zusätzliche Begleitfraktur im proximalen Bereich von Ulna/Radius (n=6; 75%) oder supracondylär (n=2; 25%) auf. Betrachtet man diesbezüglich die Ergebnisse anderer Autoren, kann man deutliche Abweichungen feststellen. Ulmar et al., Hart et al., Wheeless, Haxhija et al., El Andaloussi et al. und Pathy et al. berichten über ein Auftreten der Epicondylus ulnaris Frakturen von ca. 10% [35] [40] [45] [48] [51] [66]. Gottschalk et al. sprechen von ca. 20% [44]. In der Arbeit von Benz et al. stellten Epicondylus ulnaris Frakturen mit 28,8% die häufigste Frakturform des Ellbogengelenks dar und waren zu 1/3 mit Luxationen vergesellschaftet [37]. In der Studie von Haxhija et al. werden zusätzliche Verletzungen im Rahmen von Epicondylus ulnaris Abrissen mit 12% angegeben [48], Weise et al. schreiben von 10,5% [52]. Bei Ulmar et al. liegen in 4,5% der Epicondylus ulnaris Frakturen Begleitfrakturen vor [35], Pathy et al. berichten ein häufiges Auftreten von Begleitverletzungen im Zusammenhang mit Epicondylus ulnaris Frakturen ohne genauere Angaben [66]. Mit unserem Ergebnis von 15,1% befinden wir uns nahe an den Ergebnissen von Haxhija et al.. Die Häufigkeit des Auftretens von begleitenden Frakturen der oberen Extremität bei Epicondylus ulnaris Frakturen offenbart

merkliche Unterschiede unserer Daten gegenüber den genannten Studien. Die wahrscheinlichste Ursache hierfür ist in der Anzahl der analysierten Epicondylus ulnaris Frakturen der unterschiedlichen Arbeiten zu suchen. In den meisten Publikationen wird die Häufigkeit der Epicondylus ulnaris Fraktur in Zusammenhang mit einer traumatischen Ellbogenluxation mit 50 - 60% betitelt [35] [40] [44-46] [48] [67]. Betrachtet man diese Aussagen liegen unsere Ergebnisse mit 34,0% unter dem Durchschnitt. Eine ähnliche Datenlage findet man in den Studien von Benz et al. (33,3%) [37], Weise et al. (37%) [52] und Vecsei et al. (33,3%) [68].

Unsere Patienten, die auf Grund einer Epicondylus ulnaris Fraktur behandelt worden waren, wiesen eine Altersspanne von 4 - 16 Jahren mit einem Mittelwert bei 9,5 Jahren auf. Ähnliche Angaben finden sich in der Veröffentlichung von Papavasiliou (5 - 17 Jahre) [39]. Die jüngsten Patienten bei Ulmar et al., El Andaloussi et al. und Herring sind 7 Jahre alt [35] [51] [53]. Im Vergleich mit einigen anderen Studien (Durchschnittsalter: ca. 12 Jahre) sind unsere Patienten im Schnitt ungefähr 2 - 3 Jahre jünger [35] [37] [48] [55] [69] [70].

In unserem Patientenkollektiv fand sich für die Fraktur des Epicondylus ulnaris ein annähernd ausgeglichenes Geschlechterverhältnis (männlich 24:29 weiblich). In den bearbeiteten Publikationen zogen sich deutlich häufiger Jungen als Mädchen eine derartige Fraktur zu (59,1% - 83,3%) [35] [39] [48] [69] [71]. Ursachen für die unterschiedliche Geschlechterverteilung unserer Patienten können nicht in Erfahrung gebracht werden.

Operationsdaten

Patienten mit Epicondylus ulnaris Frakturen, bei denen die Indikation zur operativen Versorgung gestellt worden war, wurden in 83,0% mittels K-Draht Osteosynthese (n=44) versorgt. Eine Kombination von Kirschnerdraht und Schrauben (n=5) erhielten 9,4%. Zu einer Versorgung mittels Schraubenosteosynthese (n=4) kam es in 7,5% der Frakturen des Epicondylus ulnaris. Analog zu unserer Auswahl der Operationstechnik gehen Hart et al. [40], Wheelless [45], Jones [46], Haxhija et al. [48], Fowles et al. [62] und Letsch et al. [72] vor. Papavasiliou wählt die Frakturversorgung mittels K-Drähten bei 70% seines Patientenkollektivs [39]. Mit 85,7% Versorgung mittels Kirschnerdrähten und 9,5% mit Schraubenosteosynthese zeigen Benz et al. annähernd die prozentuale Verteilung der Frakturversorgung [37], wie sie in unserer Arbeit vorliegt. Abweichend zu unserer Auswertung

zeigt sich die Studie von Ulmar et al. [35]: Frakturversorgung zu 54,5% mittels K-Drähten und Schraube, 27,3% mit Kirschnerdrähten und 18,2% Osteosynthese mit Schrauben. Diese Differenzen lassen sich eventuell durch eine relativ geringe Fallzahl von 22 Patienten seitens der Ergebnisse Ulmars erklären. Ebenfalls auf abweichende Prozentangaben kommen Weise et al. [52]: Kirschnerdrahtosteosynthese 57,9%, Zuggurtung (bei älteren Kindern) 26,3%, Verschraubung 10,5%, Kombination von K-Drähten und Schrauben 5,3%. Auch in dieser Publikation war die Fallzahl mit 19 Patienten (eigenes Patientenkollektiv: n=53) vergleichsweise gering. 1974 präferierten Vecsei et al. die Osteosynthese mittels Zuggurtung [68]. Diese Art der Operationstechnik taucht mit Ausnahme von Weise et al. [52] sowohl in den neueren Studien, als auch in unserer Arbeit nicht auf.

Im Durchschnitt wurde in unserer Statistik eine Operationszeit von 62,6 Minuten zur Frakturversorgung benötigt. Die Zeitspanne betrug 30 - 130 Minuten. Die Seltenheit der Zeitangaben zur Dauer der operativen Therapie erschwert die Diskussion unserer Daten. Die einzigen Autoren, die Angaben bezüglich der OP Zeit anführen sind Ulmar et al. und Haxhija et al.: Durchschnittlich 71 Minuten (30 - 120 Minuten) [35] bzw. 67 Minuten (28 - 95 Minuten) [48] dauerte die Frakturversorgung. Die Gegenüberstellung zeigt annähernd gleiche Durchschnittswerte und Grenzbereiche zu unserer Datenlage.

Postoperativ wurde die verletzte Extremität unserer Patienten im Mittel für 3,8 Wochen (1 - 8 Wochen) immobilisiert. In den zur Diskussion herangezogenen Studien [37] [48] [58] [70] [72] [73] besteht absolute Einigkeit über die durchschnittliche Immobilisationsdauer (4 Wochen), und wir teilen diese Meinung.

Im Mittel 7,4 Wochen (4 - 18 Wochen) postoperativ fand in unserem Patientenkollektiv die Entfernung des Osteosynthesematerials statt. Die Dauer bis zur ME bei reiner K-Draht Versorgung betrug im Durchschnitt 6,1 Wochen. Schraubenosteosynthesen wurden im Mittel nach 14,8 Wochen und Kombinationsverfahren (K-Draht + Schraube) nach 13,3 Wochen entfernt. Mit unseren Ergebnissen liegen wir im Bereich der Beobachtungen von Letsch et al. (durchschnittlich 7 Wochen) [72] und etwas über den Angaben von Haxhija et al. (im Mittel 5 Wochen) [48]. Legt man das Augenmerk auf die Entfernungszeiten nach isolierter Kirschnerdrahtstabilisierung, ähneln unsere Daten denen Haxhijas et al. (4 - 6 Wochen) [48]. Bezüglich der reinen Verschraubung entfernen Haxhija et al. die Implantate nach 8 - 12

Wochen [48]. Im Gegensatz dazu führten Fowles et al. [58] und Hope et al. [73] die Metallentfernungen nach K-Drahtversorgung standardisiert nach 4 Wochen durch. Ulmar et al. geben in ihren Ergebnissen eine durchschnittliche Dauer bis zur Materialentfernung von 12 Wochen an. Dies ist der Tatsache der bevorzugt angewandten OP Technik (Schraubenosteosynthese) geschuldet [35].

Komplikationsstatistik

In der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital konnte zu 96,2% bei Fraktur des Epicondylus ulnaris ein sehr gutes Ergebnis ohne jegliche Komplikationen (n=51) verzeichnet werden. Einmal (1,9%) trat isoliert eine Valgusfehlstellung von 15° auf. Diese war ohne funktionelle Einschränkung und bedurfte keiner weiteren Therapie. In einem Fall (1,9%) (Luxationsfraktur) wurden ein Bewegungsdefizit des Ellbogengelenks von Ex/Flex 0/15/120 nach der Neutralnullmethode und eine Valgusfehlstellung von 30° dokumentiert. Zusammenfassend sind die Ergebnisse der operativen Therapie unserer Patienten als sehr gut einzustufen. Zu dieser Ansicht mit positiven Ergebnisraten zwischen 75% und 100% kommen auch andere Autoren [35] [48] [51] [52] [55] [68] [70] [72] [73]. Vom Auftreten einer Valgusfehlstellung ähnlich unserem Patientenkollektiv berichten Haxhija et al. [48], Weise et al. [52] und Kamath et al. [69]. Eine Einschränkung in der Extensions-/Flexionsachse schildern Haxhija et al. [48], El Andaloussi et al. [51], Weise et al. [52] und Louahem et al. [70]. Über ein moderates Extensionsdefizit von ca. 10° - ähnlich unserer Statistik - berichten Benz et al. [37]. In den verschiedenen Publikationen sind zudem weitere Komplikationen beschrieben: präoperative N. ulnaris Läsionen (im Verlauf meist reversibel) [40] [48] [52] [69], iatrogene Frakturen [48], rezidivierende Luxationen [52], Instabilitätsproblematiken [48] [52] [69] [70], Pseudarthrosen [48] [52] und Infektionen [48] [69]. Diese potenziellen Probleme traten in unserer Statistik nicht auf. Hope et al. beschreiben in ihrer Studie eine avaskuläre Nekrose mit der Folge eines vorzeitigen Fugenschlusses [73]. Fowles et al. berichteten 1976 über Bewegungseinschränkungen und Wachstumsstörungen bei diesem Frakturtyp nach verzögerter Behandlung [58]. Dieser Zusammenhang kann in keiner der neueren Studien belegt werden.

Fraktur des Condylus ulnaris

Basisdaten

Mit einem prozentualen Auftreten von 2,8% (n=3) waren in unserer Arbeit Condylus ulnaris Frakturen selten vertreten. Keine der Condylus ulnaris Frakturen war mit einer stattgehabten Luxation des Ellbogens vergesellschaftet. 1/3 der Condylus ulnaris Frakturen trat in Zusammenhang mit einer Begleitfraktur (supracondylär) auf. Die Seltenheit der Condylus ulnaris Fraktur wird von einigen Autoren bestätigt [13, p. 176] [14, p. 291] [52] [58] [61] [63] [74] und mit einer Prävalenz von 1-2% aller Ellbogenfrakturen beziffert [27, p. 79] [36] [37] [75]. 1/3 der Frakturen bei Leet et al. traten im Zuge einer Ellbogenluxation auf [36].

Im Durchschnitt waren unsere Patienten 11,3 Jahre alt (Range: 5 - 16 Jahre). Es waren ausschließlich Jungen betroffen. Papavasiliou et al. [74] berichten über ein mittleres Alter von 9,5 Jahren (Geschlechterverhältnis: männlich 11:4 weiblich) und Kelly et al. über eine Altersspanne von 8 - 12 Jahren [75]. Übereinstimmend zu unserem Ergebnis wird in den Standardwerken der Kinderchirurgie von einem Auftreten gegen Ende des Fugenschlusses des Ellbogens geschrieben [13, p. 176] [14, p. 291]. Cacha verglich in einer Fallstudie von 1970 die Fraktur des medialen Condylus mit der triplane fracture des Sprunggelenks [76]. Betrachtet man diese Hypothese, handelt es sich bei Auftreten dieses Frakturtyps um die Altersgruppe um den Schluss der Wachstumsfuge des distalen Humerus herum. Dies spiegelt sich sowohl in unserer Dokumentation, als auch in nahezu allen anderen Literaturstellen wieder. In zwei Arbeiten findet sich ein früheres mittleres Verletzungsalter bei der Fraktur des Condylus ulnaris: 4,6 Jahre [36] bzw. 6 Jahre [27, p. 79] mit einem Verhältnis von 2:1 auf Seiten des männlichen Geschlechts. Die Autoren dieser Publikationen finden keine Ursache für diese Abweichung.

Operationsdaten

Die Frakturen des Condylus ulnaris wurden in der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital zu 33,3% mit Kirschnerdrähten und zu 66,7% mittels einer K-Draht/Schrauben Kombination in einer durchschnittlichen OP Zeit von 104,3 Minuten (Zeitspanne: 58 - 155 Minuten) versorgt. Diese Operationstechniken werden auch von anderen Autoren präferiert [36] [52] [58] [63] [74].

Die Ruhigstellungsdauer betrug in unserem Kollektiv 4 - 7 Wochen (Durchschnitt: 5,7 Wochen). Leet et al. referieren, dass die Immobilisationsdauer bis zur radiologisch nachgewiesenen Konsolidierung erfolgen muss. In ihren Nachforschungen betrug die mittlere Ruhigstellungszeit 3,8 Wochen [36]. Generell entspricht die Dauer der Schienung bis zur Konsolidierung der Fraktur unserer Auffassung. Die Ursache der Abweichung unserer Daten zu denen Leets et al. kann durch die differierenden Altersgruppen erklärt werden. Je jünger das Kind bei Verletzung, desto rascher erfolgt die Heilung. Kiderlen et al. berichten über eine postoperative Ruhigstellung im Gipsverband von 2 - 4 Wochen [63].

Nach einer Zeitspanne von durchschnittlich 9,3 Wochen (6 - 16 Wochen) erfolgte bei unseren Patienten die Entfernung der Implantate. Dies entspricht den Richtlinien der Materialentfernung nach K-Draht- bzw. Schraubenosteosynthese. In der Analyse von Papavasiliou et al. wird eine Dauer bis zur Metallentfernung von 4 Wochen genannt [74]. Die Begründung zur Diskrepanz unserer Befunde findet sich in der angewandten Operationstechnik. Papavasiliou et al. setzten in ihrem Patientenkollektiv alleinig Kirschnerdrähte zur Stabilisierung der Fraktur ein. Kiderlen et al. sprechen sich bzgl. der Implantatentfernung, entsprechend des gewählten Operationsverfahrens, für einen Zeitraum von 6 - 12 Wochen aus [63].

Komplikationsstatistik

Die Analyse der aufgetretenen Spätkomplikationen zeigte bei einem unserer Patienten (33,3%) eine rein radiologisch auffällige Wachstumsstörung des Condylus ulnaris. 66,7% waren komplikationsfrei. Eine identische Komplikationsrate weisen Leet et al. auf [36]. Sie berichten über das Auftreten von Bewegungseinschränkungen (Ex/Flex 5/0/85 bzw. 0/30/90 nach NNM) und Pseudarthrose, wie es auch Fowles et al. mitteilen [58]. Ein zufriedenstellendes Ergebnis, das in zwei Fällen radiologisch ein avaskuläres Areal im Frakturbereich zeigte, hatten Papavasiliou et al. zu verzeichnen [74]. In der Übersichtsarbeit von Kiderlen et al. wird über ein positives Ergebnis nach operativ versorgten Condylenfrakturen von 90 - 100% referiert. Zudem wird in ihrer Arbeit die These eines schlechteren Bewegungsumfanges nach längerer Ruhigstellungsdauer aufgestellt [63]. Diese Behauptung kann mit unserer Auswertung nicht weiter bestärkt werden.

Fraktur des Condylus radialis

Basisdaten

Eine Fraktur des Condylus radialis lag in unserem Patientenkollektiv zu 40,6% vor (n=43). Die Angaben über das Auftreten dieser Frakturform schwanken in den Publikationen zwischen 10% und 20% [27, p. 73] [40] [42] [43] [52] [57] [58] [77]. Benz et al. hatten in ihrer Studie einen Anteil von 20,4% an Condylus radialis Frakturen [37]. Condylus radialis Frakturen stellen bei unseren Patienten die zweithäufigste Fraktur des distalen Humerus dar. Zu dieser Erkenntnis gelangen übereinstimmend auch Duparc [27], Benz et al. [37], Hart et al. [40], Weise et al. [52], Riedel [60] und Cates et al. [78].

Wheless [42] und Fowles et al. [58] beschreiben ein gehäuftes Auftreten nach Ellbogenluxationen. Diese Kumulation können wir, bei einem gemeinsamen Auftreten in 4,7% der Fälle (n=2), mit unserer Auswertung nicht bestätigen.

Eine zusätzliche Begleitfraktur der oberen Extremität derselben Seite (Ulna bzw. Radius) fanden wir bei 8,7% unserer Patienten (n=4). Über das Auftreten von Begleitverletzungen (Radius, Olecranon, Epicondylus ulnaris) lässt sich in der Arbeit von Kiderlen et al. eine große Varianzbreite von 1,4% - 17,2% ermitteln [63].

Die in der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital behandelten Patienten waren zwischen 2 und 13 Jahre alt (mittleres Alter: 6,3 Jahre). Ähnliches berichten Benz et al. (Durchschnitt: 7,0 Jahre) [37], Ayubi et al. (Durchschnitt: 6,1 Jahre) [56], Letsch et al. (Range: 3-15 Jahre) [72] und Cates et al. (Durchschnitt: 6,9 Jahre) [78]. Die Datensammlung von Koh et al. weist ein durchschnittliches Alter von 4,9 Jahren auf [79]. Eine geringere Altersspanne bei Fraktur des Condylus radialis (bis zum 10. Lebensjahr) geben Hart et al. [40], Wheless [42] und Watts [43] an.

Die Inzidenz der Condylus radialis Fraktur zeigte in der Arbeit von Landin et al. eine deutliche Dominanz des männlichen Geschlechts [77]. Dies bestätigt sich in unserer Arbeit. In unserem Kollektiv waren mehr als 2/3 (69,8%) der Patienten männlich, vergleichbar mit den Daten bei Koh et al. [79].

Operationsdaten

Zu 48,8% wurden Condylus radialis Frakturen in unserem Patientenkollektiv mit offener Reposition und Fixierung mit Kirschnerdrähten (n=21) behandelt. In 30,2% der Fälle war das Osteosynthesematerial der Wahl eine Kombination aus K-Drähten und Schrauben (n=13). Die Stabilisierung der Fraktur erfolgte in 20,9% alleinig mittels Verschraubung (n=9). Einige Autoren berichten ausschließlich über K-Drahtosteosynthesen zur Versorgung der Condylus radialis Fraktur [40] [42] [58] [78-80]. Um eine mediale Instabilität zu vermeiden tendieren Zanella et al. [54] zu einer Kombination von K-Draht und Schrauben. In der Studie von Letsch et al. werden zu 93,8% isoliert Kirschnerdrähte, und zu 6,2% Schrauben + K-Drähte zur Frakturstabilisierung angewandt [72]. In der Auswertung von Weise et al. werden 5/7 der Patienten mit Condylus radialis Fraktur mit K-Drähten operiert [52]. Zudem berichten sie über den Trend diverser Autoren Condylus radialis Frakturen bei älteren Kindern zunehmend mit Schraubenosteosynthese zu versorgen. Dadurch könne auf Grund der zusätzlichen interfragmentären Kompression eine maximale Stabilität, und zugleich eine Prävention der Gefahren von Pseudarthrose, Achsenfehlern und dem Auftreten der sog. „fishtail“ Deformität erlangt werden [52] [81]. Ayubi et al. siedeln das Schwellenalter der Frakturversorgung mittels Schraubenosteosynthese bei 5 Jahren an (<5: K-Draht; >5: Schraube) [56]. Laut Taeger et al. sollte die primäre Wahl auf Grund der besseren Kompression der Frakturfragmente auf die Zugschraubenosteosynthese fallen [61]. Watts [43] und Riedel [60] wählen entsprechend der Stabilität der Fraktur Kirschnerdrähte und/oder Schrauben zur Fixierung. 85,7% der Condylus radialis Frakturen wurden in der Studie von Benz et al. alleinig mittels Kirschnerdrähten versorgt, 14,3% erhielten eine reine Schraubenosteosynthese [37]. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Auswahl des OP Verfahrens unseres Patientenkollektivs den Osteosynthesemethoden in den diskutierten Publikationen entspricht. Die leichte Prävalenz in unseren Daten eine kombinierte Osteosynthese mit Schrauben und Kirschnerdrähten zu wählen, ist durch das Anliegen die mediale Stabilität zu sichern und die Komplikationsprävention zu erklären.

Im Durchschnitt dauerte die operative Versorgung der Condylus radialis Fraktur in der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital 55,8 Minuten (27 - 110 Minuten). In der zur Diskussion herangezogenen Literatur kann keine Angabe bzgl. der OP Zeit bei Condylus radialis Fraktur gefunden werden.

Die postoperative Immobilisation nach Condylus radialis Frakturen dauerte im Mittel 3,9 Wochen (1 - 8 Wochen). Identische Aussagen über eine Ruhigstellungszeit von 3 - 4 Wochen finden sich in vielen Studien [52] [56] [58] [72] [73]. Hart et al. [40] und Wheelless [42] zufolge sollte die postoperative Immobilisationsdauer zwischen 4 und 6 Wochen liegen. Taeger et al. berichten über eine postoperative Ruhigstellung der verletzten Extremität von 1 - 4 Wochen in Bezug auf die Stabilität der Fraktursituation [61].

Nach 4 bis 24 Wochen (Durchschnitt: 8,2 Wochen) wurde laut unserer Datenerfassung die Entfernung des Osteosynthesematerials durchgeführt. Zwei Kasus zeigen eine deutliche Abweichung von den in den Standardwerken der Literatur empfohlenen Materialentfernungszeiten: Zum einen zeigte sich bei einem unserer Patienten eine Konsolidierungsstörung, die Implantatentfernung konnte erst 24 Wochen nach Frakturstabilisierung stattfinden. Zum anderen ließ sich in einem Fall keine plausible Erklärung für die Metallentfernung 21 Wochen postop (nachgewiesene Konsolidierung nach 7 Wochen) finden. In der Datensammlung von Koh et al. handelte es sich ausschließlich um Frakturversorgungen durch K-Drahtosteosynthese. Die Dauer bis zur Metallentfernung betrug 5,5 Wochen [79]. Fowles et al., deren Arbeit ebenfalls reine K-Draht Stabilisierungen zu Grunde lagen [58], sowie Taeger et al. [61] und Hope et al. [73] führten die IE standardisiert 4 Wochen postoperativ aus. Autoren, die zur operativen Versorgung der Condylus radialis Frakturen K-Drähte, Schraubenosteosynthesen oder Kombinationsverfahren anwandten, berichten über eine Liegedauer - entsprechend der Wahl des Implantates - zwischen 4 und 12 Wochen [52] [56] [72]. Die Übersichtsstudie von Kiderlen et al. informiert über eine Dauer bis zur Implantatentfernung von 6 - 12 Wochen [63]. Analysiert man die Ergebnisse der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital, zeigt sich in Bezug auf die Datenlage der untersuchten Publikationen eine relativ lange, am oberen Grenzwert befindliche Liegedauer des Osteosynthesematerials. Zum einen liegt dies an der Tatsache eine sowohl klinisch, als auch radiologisch gesicherte Konsolidierung vor ME abzuwarten, zum anderen beeinflussen zwei Ausnahmefälle die Datenlage wesentlich.

Komplikationsstatistik

Unsere Patienten waren nach Condylus radialis Frakturen zu 86,0% vollkommen beschwerdefrei (n=37). In 6 Fällen (14,0%) zeigten sich zum Zeitpunkt des

Behandlungsabschlusses Komplikationen. Bei 4/6 Patienten bestand isoliert eine Einschränkung der Beweglichkeit des Ellbogengelenks. Drei dieser vier Patienten zeigten Beeinträchtigungen der Extension von geringem Grade, die keiner weiteren Behandlung bedurften. Im Falle einer Patientin war im Heilungsprozess eine Arthrofibrose diagnostiziert worden und mittels einer Arthrolyse behandelt worden. Im weiteren Verlauf kam es jedoch erneut zu einer Einschränkung der Beweglichkeit (0/45/110 nach NNM). Nach ausführlicher Beratung über die weiteren therapeutischen Optionen entschieden sich die Patientin und die Erziehungsberechtigten zu diesem Zeitpunkt gegen ein weiteres operatives Vorgehen. Sowohl eine Varusfehlstellung von 20° (n=1), als auch eine übermäßige Keloidbildung in Kombination mit einem Bewegungsdefizit (0/45/140) (n=1) waren zu je 2,3% aufgetreten. Beide Komplikationen waren rein optischer bzw. kosmetischer Natur, und eine weiterführende Therapie war nicht notwendig. In der Arbeit von Koh et al. findet man Hinweise auf oberflächliche, nicht näher beschriebene Infektionen nach Condylus radialis Frakturversorgung [79]. Über Bewegungsdefizite, wie sie in unserem Patientenkollektiv zu sehen sind, wird auch von einigen anderen Autoren berichtet [37] [56] [78] [82] [83]. Ergänzend wird in der Literatur auf das potenzielle Auftreten folgender Komplikationen hingewiesen: Pseudarthrose [40] [42] [43] [52] [58] [60] [79-82] [84], N. ulnaris Lähmung [43] [57] [58] [72] [80], avaskuläre Nekrose [40] [79] [80], Achsabweichungen [40] [52] [57] [58] [60] [72] [79-82] oder Wachstumsstörungen durch vorzeitigen Fugenschluss [43] [78] [84]. Benz et al. sahen in ihrem Patientenkollektiv zu 41,7% eine asymmetrische Fugenstimulation mit der Aufhebung der physiologischen Valgisierung des Ellbogengelenks und zu 8,3% eine Valgusdeformität von 30° [37]. In vorliegender Analyse waren diese nicht präsent. Die sogenannte Fischeschwanzdeformität, die radiologisch präpubertär, um den Zeitpunkt des Fugenschlusses herum, sichtbar wird und klinisch praktisch irrelevant ist, wird häufig als mögliche Spätkomplikation genannt [52] [57] [78] [79] [81] [84]. Zu dieser Thematik kann in vorliegender Arbeit keine Stellungnahme erfolgen, da in der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital bei Beschwerdefreiheit, wie es bei „fishtail“ Deformität der Fall ist, keine späteren radiologischen Aufnahmen angefertigt werden. Laut Aussage verschiedener Publikationen besteht ein direkter Zusammenhang zwischen verzögerter Therapie und negativem Ergebnis [52] [57] [58]. Annähernd alle Autoren berichten bei unmittelbarer korrekter Diagnosestellung und entsprechender Therapie von einem guten bis sehr guten Nachuntersuchungsergebnis bei Fraktur des Condylus radialis zwischen 75% [60]

und 100% [42] [52] [56] [72] [73] [79] [82]. Cates et al. weichen von dieser positiven Tendenz ab. Die Wahrscheinlichkeit eines komplikationslosen Spätergebnisses beträgt in der Auswertung ihrer Daten 66,7% [78]. Dieses Resultat könnte durch die geringe Fallzahl von drei Studienteilnehmern relativiert werden. Unsere Komplikationsrate von 14,0% befindet sich dahingehend vollends im in der Literatur beschriebenen üblichen Rahmen.

Bicondyläre Y - Fraktur

Basisdaten

In unserer Analyse erlitten vier Patienten eine bicondyläre Y - Fraktur. Dies entspricht 3,8% aller Frakturen am distalen Humerus unseres Patientenkollektivs. Bicondyläre Y - Frakturen waren in unserem Kollektiv weder mit Luxationen des Ellbogens, noch mit einer zusätzlichen Begleitfraktur vergesellschaftet. Eine ähnliche Inzidenzrate hatten Benz et al. in ihrer Statistik zu verzeichnen (2,8%) [37]. Das Auftreten der bicondylären Y - Fraktur wird einheitlich in der vorliegenden Literatur als äußerst selten angegeben [13, pp. 179-180] [14, p. 304] [38] [52] [61] [63] [85].

Mit einem Durchschnittsalter zum Frakturzeitpunkt von 15 Jahren (Range: 13 - 17 Jahre) befinden sich unsere Patienten in der frühen bzw. mittleren Adoleszenz. Ähnliches berichten einige Standardwerke der Kindertraumatologie [13, pp. 179-180] [14, p. 304] [85]. Das Patientenkollektiv Res et al. war durchschnittlich 13,9 Jahre alt (Range: 10 - 16 Jahre) [38].

Die Patienten, die mit einer bicondylären Y - Fraktur in der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital operativ versorgt worden waren, waren ausschließlich männlich. Eine deutliche Tendenz zum männlichen Geschlecht finden auch Re et al. in ihrer Datensammlung (männlich 11:4 weiblich) [38]. Orientiert man sich bei der Interpretation an den Aussagen Linharts et al. über die unterschiedlichen Entwicklungsstufen, ist es nicht verwunderlich in der Adoleszenz die Dominanz der Verletzungshäufigkeit beim männlichen Geschlecht vorzufinden [86].

Operationsdaten

Die operative Versorgung der bicondylären Y - Fraktur erfolgte sowohl alleinig mit Kirschnerdrähten (n=1; 25%) oder Zugschrauben (n=2; 50%), als auch in Kombination (n=1; 25%) der beiden Einzelverfahren. Die Wahl der Operationsmethode anderer Autoren stimmt mit der in unserer Abteilung angewandten Technik überein [13, pp. 179-180] [52] [61] [63]. Ergänzend hierzu besteht bei älteren Kindern/Jugendlichen nach Dietz et al. [14, p. 304] und der S2k Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Kinderchirurgie [85] die Möglichkeit der Frakturversorgung mittels Platten oder Zuggurtung. Benz et al. präferieren die Kombination aus Kirschnerdrähten und Schrauben, mussten jedoch in ihrem Patientenkollektiv auf Grund mangelnder Durchführbarkeit auf eine Plattenosteosynthese zurückgreifen [37]. Re et al. wählten zur Primärversorgung in 93,3% der Fälle eine osteosynthetische Versorgung mittels Platten und Schrauben. Nur zu 6,7% wandten sie eine Kombination von Kirschnerdrähten und Schrauben an [38].

Die reine Operationszeit zur Frakturversorgung betrug in der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital durchschnittlich 99,3 Minuten, bei einem Minimum von 37 Minuten und einem Maximum von 137 Minuten. Keine vergleichbare Studie nimmt zur Dauer der operativen Versorgung Stellung.

Die postoperative Immobilisation unserer Patienten erfolgte in einem Oberarmgips für 2 - 8 Wochen. Unser Mittelwert von 4,8 Wochen entspricht annähernd den Empfehlungen hierzu von 4 Wochen [13, pp. 179-180] [52] [61].

Durchschnittlich 12 Wochen nach Frakturversorgung erfolgte die Metallentfernung (Spanne: 8 - 16 Wochen). In diesem Aspekt wird die Orientierung an der gängigen Literatur deutlich: von Laer et al. empfehlen die IE nach 8 - 12 Wochen [13, pp. 179-180]. Die Zusammenfassung verschiedener Studien von Kiderlen et al. veranschaulicht eine Dauer bis zur Implantatentfernung von 6 - 12 Wochen [63].

Komplikationsstatistik

Alle bicondylären Y - Frakturen, die in unserer Analyse eingeschlossen worden waren, zeigten eine Heilung ohne auftretende Spätkomplikationen. Auf das Auftreten eines Cubitus varus auf Grund der radialen Stimulation der Wachstumsfuge wird in der Literatur aufmerksam gemacht

[13, pp. 179-180] [52]. Die Deutsche Gesellschaft für Kinderchirurgie weist zudem auf das potenzielle Vorkommen von Extensionsdefiziten nach operativer Versorgung der bicondylären Y - Fraktur des distalen Humerus hin. Dies bestätigen Benz et al. in ihrer Arbeit mit einer Spätkomplikationsrate bzgl. des Extensionsdefizits von 100% [37]. Re et al. hatten einen Prozentsatz von 53,3% an Einschränkungen der Extension zu verzeichnen. In einem Fall der Auswertung Res et al. wurde der Gesamtbewegungsumfang mit Ex/Flex 0/50/90 nach NNM dokumentiert. Nach Materialentfernung und Abtragung heterotoper Ossifikationen resultierte nur mehr eine moderate Extensionseinschränkung [38].

Fraktur von Epicondylus ulnaris und Condylus radialis

Es existieren keine publizierten Studien oder Literaturangaben, die die Frakturkombination von Epicondylus ulnaris und Condylus radialis erwähnen bzw. sich mit dieser näher auseinandersetzen. Da diese Frakturkonstellation in vorliegender Analyse eine interessante Rolle einnimmt, erfolgt nichtsdestotrotz nachstehend die Auswertung des eigenen Patientenkollektivs, auch wenn keine Übereinstimmungen bzw. Abweichungen im Vergleich zu vorhandenen Studienergebnissen oder zu anderen Autoren gezogen werden können.

Basisdaten

Eine Fraktur von Epicondylus ulnaris und Condylus radialis erlitten 2,8% der Patienten unserer Analyse (n=3). In einem Fall war diese Frakturkombination mit einer Luxation des Ellbogengelenks vergesellschaftet (33,3%). Eine weitere Begleitverletzung war bei keinem der drei Patienten dokumentiert worden.

Durchschnittlich waren unsere Patienten zum Unfallzeitpunkt 13,0 Jahre alt (Altersspanne: 11 - 14 Jahre).

Das Patientenkollektiv der Frakturen von Epicondylus ulnaris in Kombination mit der Fraktur des Condylus radialis war bei einem Geschlechterverhältnis von 3:0 rein männlich.

Operationsdaten

Die operative Versorgung der Frakturkombination von Epicondylus ulnaris und Condylus radialis erfolgte zu 33,3% alleinig mit Kirschnerdrähten (n=1) und zu 66,7% mittels K-Draht und Kleinfragment-Zugschrauben (n=2).

In der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital dauerte die operative Versorgung dieses Frakturtyps durchschnittlich 106,7 Minuten (Zeitspanne: 10 - 220 Minuten). Die Operationszeit von 3 Stunden 40 Minuten in einem Fall ist der Komplexität des Frakturausmaßes geschuldet.

Die postoperative Immobilisation betrug im Durchschnitt 4,7 Wochen (Range: 4 - 6 Wochen).

Im Mittel 14,3 Wochen nach Frakturversorgung wurde die Metallentfernung durchgeführt (Spanne: 5 - 30 Wochen). In einem Fall kam es 30 Wochen postoperativ, bei nachgewiesener Konsolidation nach 11 Wochen, zur Entfernung des Osteosynthesematerials. Eine Erklärung hierfür ist aus den Patientendaten nicht ersichtlich.

Komplikationsstatistik

Zwei der drei Frakturkombinationen von Epicondylus ulnaris und Condylus radialis zeigten sowohl einen unkomplizierten Verlauf, als auch eine vollständige komplikationslose Heilung. Ein Patient (33,3%) zeigte zum Zeitpunkt der klinischen Kontrolle zur Dokumentation von Spätkomplikationen (18 Monate posttraumatisch) eine maßgebliche Einschränkung der Beweglichkeit von Ex/Flex 0/30/90 nach NNM. Es handelt sich hierbei um den gleichen Fall, der bereits mit einer OP Zeit von 3 Stunden 40 Minuten auffällig gewesen war. Entsprechend Morrey [8] wurde den Eltern dieses Patienten eine Arthrolyse empfohlen. Bis zur Auswertung dieser Arbeit hatten sich die Erziehungsberechtigten nicht zu einer weiteren operativen Therapie entschieden.

Luxationsfraktur

Basisdaten

19,8% unserer Patienten erlitten eine Luxationsfraktur (n=21). In 85,7% der Fälle frakturierte der Epicondylus ulnaris (n=18), gefolgt von der Fraktur des Condylus radialis (n=2) mit 9,5% und der Fraktur des Epicondylus ulnaris zusammen mit dem Condylus radialis (n=1; 4,8%). Im Kindesalter sind reine Ellbogenluxationen ohne knöcherne Beteiligung eher selten [87, p. 275]. Im Hinblick auf die Inzidenz liegen wir mit unseren Ergebnissen (19,8%) geringfügig unter dem in der Literatur angegebenen Anteil der Luxationen an Frakturen des distalen Humerus von 30 - 64% [88] [89] [90]. Absolute Übereinstimmung zeigt sich bzgl. der Reihenfolge der beteiligten frakturierten knöchernen Komponenten: an erster Stelle steht der Epicondylus ulnaris [13, p. 162] [47] [52] [58] [61] [62] [67] [90], gefolgt vom Condylus radialis und Radiuskopffrakturen [47] [85].

Das Alter unserer Patienten mit Luxationsfrakturen zum Unfallzeitpunkt lag zwischen 3 und 16 Jahren. Das Durchschnittsalter betrug 10,1 Jahre. Patienten deren Ellbogenluxation mit einer Fraktur des Epicondylus ulnaris einhergingen waren zum Unfallzeitpunkt zwischen 5 und 16 Jahre alt (Mittelwert: 10,8 Jahre). Unsere Statistik wird durch zwei Fälle im Alter von 3 bzw. 5 Jahren nach unten korrigiert. Hierbei handelte es sich um Kinder mit Frakturen des Condylus radialis. Lässt man diese außen vor, ähneln sich die Berichte anderer Autoren über den Zeitraum für das Auftreten der Luxationsfrakturen (6 - 17 Jahre) [62] [90]. Das durchschnittliche Alter in den bearbeiteten Publikationen liegt bei 12 Jahren [47] [62] [90]. Unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse kann der Aussage von v. Laer et al. [13, p. 162], Dietz et al. [14, p. 291], Marzi [15, p. 157;161], Weise et al. [52] und Taeger et al. [61] zugestimmt werden, dass das Vorkommen von Luxationsfrakturen auf Grund der im Verlauf des Wachstums veränderten Bandstabilität erst ab dem 7. Lebensjahr eine Rolle spielt.

Bei einem Geschlechterverhältnis von 13:8 in unserer Untersuchung ergaben sich prozentuale Werte für die Inzidenz von Luxationsfrakturen von 61,9% für die Jungen, und 38,1% für die Mädchen. Es zeigte sich keine deutliche Differenz der Geschlechterverteilung im Hinblick auf die beteiligte Frakturkomponente. Die Häufung der Verletzung für das männliche Geschlecht spiegelt sich auch in den Daten anderer Publikationen wieder [62] [91]. Eine Erklärung für diese Tatsache liefern zum einen die Entwicklungsphasen nach Linhart und v. Laer [86]:

Im Altersbereich zwischen dem 6. und 10. Lebensjahr suchen die Kinder Grenzerfahrungen. Von 11 bis 14 Jahren orientieren sich die Kinder mehr an Gleichaltrigen und zeigen eine erhöhte Risikobereitschaft. Ab dem 15. Lebensjahr sind auf Grund des Reifungsprozesses die Wachstumsfugen besonders verletzungsanfällig. Jeder dieser Entwicklungsabschnitte für sich birgt eine erhöhte Verletzungsgefahr. Zum anderen durchleben Mädchen den Reifungsprozess mehr auf emotional, seelischer Ebene, bei den Jungen dominiert der körperliche Aspekt. Vereint man die beiden theoretischen Ansätze, kann man Rückschlüsse auf die Häufigkeit des männlichen Geschlechts im Rahmen von Luxationsfrakturen ziehen.

Operationsdaten

Entsprechend dem Ausmaß des vorliegenden Frakturtyps nach Reposition der Luxation wurde die Operationstechnik gewählt. Zu 71,4% erfolgte die Stabilisierung der Fraktur durch Kirschnerdrähte (n=15). Es handelte sich dabei um das Vorliegen von Frakturen des Epicondylus ulnaris (n=12), des Condylus radialis (n=2), sowie einer Frakturkombination des Epicondylus ulnaris mit dem Condylus radialis (n=1). Eine Schraubenosteosynthese (n=3) erhielten 14,3% der Patienten mit Luxationsfraktur des Epicondylus ulnaris. Die Frakturversorgung mittels Kombination von K-Drähten und Schrauben (n=3) fand ebenfalls zu 14,3% Anwendung (Epicondylus ulnaris Frakturen). Eine übereinstimmende Wahl des OP Verfahrens zeigt sich in verschiedenen publizierten Arbeiten: die Frakturfragmente werden offen reponiert und mittels K-Drähten, Zugschrauben oder einer Kombination der beiden Verfahren fixiert [58]. Fowles et al. gehen genauer auf ihre Ergebnisse ein. Zu 54,5% erfolgte eine Osteosynthese durch K-Drähte, zu 36,4% durch ein Kombinationsverfahren (K-Draht + Schraube) und in 9,1% der Fälle war die alleinige geschlossene Reposition erfolgversprechend [62]. Weise et al. verwenden bei Frakturen jüngerer Kinder Kirschnerdrähte und eine Schrauben- oder Zuggurtungsosteosynthese bei den Älteren [52].

Die Operationszeit war von der Komplexität und vom Typus der Fraktur anhängig. Eine mittlere OP Dauer von 58,1 Minuten (Range: 10 - 98 Minuten) wurde in der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital dokumentiert. Die Versorgung von Luxationsfrakturen des Epicondylus ulnaris nahmen im Mittel 62,9 Minuten in Anspruch. Dahingegen fiel die reine OP Zeit beim Vorliegen von Condylus radialis Luxationsfrakturen mit

durchschnittlich 39,0 Minuten deutlich geringer aus. Eine Aussage diesbezüglich ist in der Literatur nicht existent.

Die obere Extremität der Patienten unserer Datenbank wurde postoperativ für 1 - 5 Wochen, im Schnitt 3,3 Wochen mittels Cast immobilisiert. Diesbezüglich war keine wesentliche Differenz zwischen den verschiedenen Frakturtypen eruierbar. Fowles et al. halten 3 Wochen für angemessen [58]. Weise et al. setzen die Immobilisationsdauer an Hand der Begleitverletzung der Ellbogenluxation fest [52].

Der Zeitraum bis zur Entfernung des Osteosynthesematerials betrug in unserer Analyse 4 - 18 Wochen (Mittelwert: 8,1 Wochen). Bei Fixierung mittels K-Drähten betrug die Zeitspanne bis zur ME 4 - 10 Wochen (Durchschnitt: 6,0 Wochen). Im Rahmen der Luxationsfrakturen des Epicondylus ulnaris, die durch Verschraubung versorgt worden waren, kam es zur Entfernung des Fremdmaterials nach 14 - 18 Wochen. Bei Anwendung einer kombinierten OP Technik mit K-Drähten und Zugschrauben erfolgte die Implantatentfernung nach 10 - 14 Wochen. Weise et al. bestimmen den korrekten Zeitpunkt in Anlehnung an die Frakturform bzw. die Versorgungsmethode [52]. Diese Aussage kann mit Hilfe der Datenauswertung der vorliegenden Arbeit bestätigt werden.

Komplikationsstatistik

In unserem Patientenkollektiv kam es nach einer Luxationsfraktur zu 95,2% zu einer Ausheilung ohne das Auftreten von Spätkomplikationen. Die Nachuntersuchung zum Behandlungsabschluss eines Patienten (4,8%) zeigte eine Bewegungseinschränkung der Extension und Flexion von 0/15/120 nach NNM, kombiniert mit einer Valgusfehlstellung von 30° (Luxationsfraktur des Epicondylus ulnaris). In der Ausarbeitung unserer Datenbank gab es keine Hinweise, wie sie in anderen Studien auftraten, auf Instabilitäten [58], neurologische Defizite [62][67][90], Infektionen [62] oder Pseudarthrosen [52] [62]. Nach Reposition der Luxationsfraktur berichten Fowles et al., Reed et al. und Carlioz et al. über - mit einer Wahrscheinlichkeit von bis zu 40% - auftretende N. ulnaris Läsionen [62] [67] [90]. Das Vorkommen von Bewegungseinschränkungen beziffern Fowles et al. mit 66,7% [62] und Carlioz et al. mit 5% [90]. Die von Weise et al. geschilderte Korrelation zwischen dem Auftreten komplexer Luxationsverletzungen und der höheren Inzidenzrate von Spätkomplikationen [52] kann in unserer Arbeit nicht bekräftigt werden. Das Ausmaß der

komplikationslosen Verläufe mit guten bis sehr guten Ergebnissen anderer Autoren ist mit 33% - 85% weit gefächert. Die in der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital erzielte Quote von 95,2% ist demzufolge äußerst beachtlich. Mit unserem Ergebnis eines Bewegungsdefizits von 4,8% ist unsere Datenlage nahezu identisch zu derer Carlioz' (5%) [90].

Um nun eine Erklärung für die Häufigkeit der Frakturen des Condylus radialis und des Epicondylus ulnaris, die sowohl in der Literatur, als auch in unserem Patientenkollektiv nachgewiesen werden konnte, zu finden, müssen wir zum einen anatomische Gegebenheiten, zum anderen biomechanische Aspekte des Frakturmechanismus hinzuziehen.

Betrachten wir zunächst die anatomische Erscheinungsform des Unterarmes. Der Radius zeigt das Bild eines proximal schmalen, nach distal breiter werdenden Dreiecks. Bei der Ulna liegen die Größenverhältnisse umgekehrt vor. Kommt es zu einem Sturz werden die eintreffenden Kräfte größtenteils primär von einer großen, breiten radialen Gelenkfläche aufgenommen. Die Kraftaufnahme der Ulna ist angesichts des geringen Anteils der Handgelenksfläche vernachlässigbar. Die Kraftübertragung auf den Humerus erfolgt dann auf Grund der anatomischen Gestalt des Radius proximal über eine kleine, schmale Gelenkfläche punktuell auf den Condylus radialis. Diese Gesichtspunkte liefern unserer Meinung nach eine plausible Erklärung für die vermehrte Inzidenz der Fraktur des lateralen Condylus.

Epicondylus ulnaris Frakturen sind in vielen Fällen mit Ellbogenluxationen vergesellschaftet. Überwiegend handelt es sich um Luxationen nach dorsoradial. Versucht man sich nun bildlich den Luxationsweg vor Augen zu führen, kann man sich sehr gut vorstellen, wie das Olecranon am distalen ulnaren Humerus entlang streift und dadurch den Epicondylus abreißt.

Die Ursache aller Frakturen am distalen Humerus stellen Stürze unterschiedlichster Genese dar. Die natürliche Haltung einen Sturz abzufangen, besteht in der maximalen Extension des Ellbogengelenks und der Dorsalextension des Handgelenks. In dieser Position ist das Ellbogengelenk verriegelt, und der angespannte Kapsel-Band-Apparat bietet maximale Stabilität. Bekanntermaßen besitzt das Ellbogengelenk eine physiologische Valgusstellung. Kommt es nun zu einem Sturz, erfolgt eine maximale Kraftübertragung auf den Ellbogen. Kann

dieser nicht standhalten, geben die anatomischen Strukturen nach und es kommt auf Grund der physiologisch vorgegebenen Achse des Ellbogengelenks zur Fraktur des Epicondylus ulnaris.

Zudem muss man zur Analyse der Frakturhäufigkeit des Epicondylus ulnaris bzw. des Condylus radialis das Alter der Kinder zum Unfallzeitpunkt hinzuziehen. Epicondylus ulnaris Frakturen, sind vorwiegend in der mittleren (7.-10. Lebensjahr) und späten Kindheit (11.-14. Lebensjahr), sowie der Adoleszenz anzutreffen (eigenes Patientenkollektiv: zwischen 4 und 16 Jahren, durchschnittlich 9,5 Jahre). Dem zu Grunde liegt die Häufung der Fraktur mit Luxationen des Ellbogens, die entwicklungstechnisch erst ab einem Alter von ca. 7 Jahren auftreten. Betrachtet man nun das Alter zum Unfallzeitpunkt bei Condylus radialis Frakturen (eigenes Patientenkollektiv: zwischen 2 und 13 Jahren, durchschnittlich 6,3 Jahre), kann man eine Kumulation im Kleinkindalter bzw. in der frühen Kindheit (4.-6. Lebensjahr) feststellen.

Das zeitliche Auftreten der einzelnen Knochenkerne im Verlauf der kindlichen Entwicklung spielt in unserer Überlegung zur Häufung der Frakturen des Epicondylus ulnaris und des Condylus radialis ebenfalls eine Rolle. Bekanntermaßen wird der Knochenkern des distalen radialen Humerus (Capitulum) um den 6. Lebensmonat herum darstellbar, demgegenüber tritt der Kern des ulnaren Pfeilers erst um das 6. Lebensjahr in Erscheinung. Diese Tatsache unterstützt sowohl die Inzidenz der Condylus radialis Fraktur im Kleinkindalter bzw. in der frühen Kindheit, als auch das vermehrte Auftreten der Epicondylus ulnaris Fraktur jenseits des 7. Lebensjahres. Betrachtet man zudem die Unfallursache, die in unserem Patientenkollektiv zur Fraktur führte, kann man deutliche Unterschiede in den verschiedenen Altersgruppen respektive Frakturtypen erkennen. Die jüngeren Kinder, vorwiegend mit Condylus radialis Fraktur, verletzten sich überwiegend beim Fahrrad/Ski fahren, Trampolin springen oder durch einen Sturz im häuslichen Umfeld (z.B. vom Hochbett). Die Patienten jenseits des 6. Lebensjahres, die auf Grund einer Fraktur des Epicondylus ulnaris therapiert wurden, verunfallten hauptsächlich bei der Ausübung verschiedener Vereinssportarten, beim Skateboarden, Snowboarden und Schlittschuh laufen oder bei einem Sturz vom Pferd bzw. der Slackline.

Die Zusammenschau all dieser Ansatzpunkte unserer Überlegungen gibt ein wenig Aufschluss über das „Warum?“ der Frakturhäufigkeit des Condylus radialis und des Epicondylus ulnaris.

Um die Basis dieser Thesen zu festigen bzw. zu erweitern, wäre ein weiterer Schritt die Unfallursachen und epidemiologischen Daten (v.a. das Alter bei Fraktur) der Frakturen am distalen Humerus im Kindesalter in anderen Kliniken statistisch zu erheben und zu einer Vergleichsstudie heranzuziehen.

6. Zusammenfassung

Bei Verletzungen im Kindesalter handelt es sich mit einer Häufigkeit von 20-25% um Frakturen [1]. Zu ca. 75% ist die obere Extremität betroffen. In knapp 20% handelt es sich um Frakturen im Bereich des Ellbogengelenkes [2]. Auf Grund des komplexen Gelenkaufbaus und des zeitlich versetzten Auftretens der Knochenkerne ist eine korrekte Diagnostik und adäquate Therapie der Frakturen am distalen Humerus im Kindesalter sehr anspruchsvoll, besitzt jedoch im Hinblick auf potenzielle Spätschäden, vor allem hinsichtlich Bewegungseinschränkungen des Ellbogens und damit verbundene Funktionsstörungen der oberen Extremität in der Kindertraumatologie einen großen Stellenwert. Die Versorgung der Frakturen am distalen Humerus kann unter bestimmten Voraussetzungen konservativ erfolgen. Bei Auftreten von Gelenkstufen, knöchernen Dehiszenzen von >2mm, Dislokationen der Frakturfragmente von >2-5mm, sekundären Dislokationen oder einem in das Ellbogengelenk eingeschlagenen Frakturfragment ist ein operatives Behandlungsregime unvermeidbar. Ebenso stellen Gefäß- oder Nervenläsionen, offene Frakturen oder Bandinstabilitäten des Ellbogengelenks eine absolute OP Indikation dar. Entsprechend des vorliegenden Frakturtyps und des Alters der Patienten sind verschiedene Operationstechniken etabliert: Osteosynthese mittels Kirschnerdrähten, kanülierten Schrauben oder Kombinationsverfahren. In Sonderfällen wird vom empfohlenen Standard abgewichen (z.B. Verwendung eines Fixateur externe), um ein anatomisches Repositionsergebnis zu erzielen. Primär gilt es unverzüglich Schmerzfreiheit, sowie eine stabile und definitive Frakturversorgung zu erzielen, um eine rasche Heilung unter Erhalt des vollständigen Bewegungsumfangs möglichst ohne das Auftreten von Wachstumsstörungen zu erreichen.

Ziel dieser retrospektiven Analyse ist es, eine Auswertung der Daten von 106 Patienten/-innen mit Frakturen am distalen Humerus im Kindesalter, die im Zeitraum zwischen 2003 und 2013 in der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital in München operativ versorgt worden waren, zu erstellen und Übereinstimmungen bzw. Abweichungen im Vergleich zu vorhandenen Studienergebnissen herauszuarbeiten. Zudem sollen an Hand der gewonnenen Daten Rückschlüsse auf die Frakturhäufigkeit des Condylus radialis und des Epicondylus ulnaris unter Berücksichtigung von Frakturmechanismen und biomechanischen Aspekten herausgestellt und erörtert werden. Die Darstellung umfasst epidemiologische Basisdaten, Fakten zum operativen Behandlungsabschnitt und die Erhebung von

Komplikationen in Abhängigkeit der einzelnen Frakturtypen. Die Ergebnisse des eigenen Patientenkollektivs werden analysiert und hinsichtlich Übereinstimmungen bzw. Abweichungen zu vorhandenen Publikationen diskutiert. Bei den in der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital zwischen 2003 und 2013 operativ versorgten Frakturen am distalen Humerus im Kindesalter handelte es sich um Frakturen des Epicondylus ulnaris (n=53; davon mit Luxation des Ellbogengelenks: 18), des Condylus ulnaris (n=3) und des Condylus radialis (n=43; davon mit Luxation des Ellbogengelenks: 2). Hinzu kommen bicondyläre Y - Frakturen (n=4), Frakturen in Kombination von Epicondylus ulnaris und Condylus radialis (n=3; davon mit Luxation des Ellbogengelenks: 1), sowie Frakturen mit zusätzlicher ipsilateraler Begleitfraktur der oberen Extremität (n=13). Das Gesamtkollektiv betreffend handelt es sich um 106 Patienten/-innen, 42 Mädchen und 64 Jungen mit einem durchschnittlichen Alter von 9,2 Jahren (Altersspanne: 2 - 17 Jahre) zum Unfallzeitpunkt. In 63 Fällen war die linke, in 43 Fällen die rechte obere Extremität frakturiert. Unfallursache der Frakturen stellten Stürze auf den im Ellbogengelenk gestreckten Arm unter Varus- bzw. Valgusstress dar. Diese ereigneten sich in unserem Patientenkollektiv im häuslichen Umfeld (37,7%), im Rahmen von Freizeitbetätigungen (27,4%), bei der Ausübung unterschiedlicher Sportarten (22,6%) oder auf dem Spielplatz (12,3%). Die OP Indikation wurde nach Analyse der radiologischen Aufnahmen des Ellbogens in 2 Ebenen entsprechend oben genannter Kriterien gestellt. Die operative Versorgung erfolgte am Unfall-/Vorstellungstag bzw. am darauffolgenden. Sekundäre Dislokationen der Frakturfragmente (n=10) waren die Ursache für Operationen, die mit einer Latenzzeit von 1 Woche zum Traumazeitpunkt durchgeführt wurden. Die OP Technik wurde entsprechend dem vorliegenden Frakturtyp gewählt. Bei 64,2% der Patienten wurden Osteosynthesen mit Kirschnerdrähten durchgeführt, bei 14,2% Schraubenosteosynthesen, und bei 21,7% kam ein kombiniertes Osteosyntheseverfahren mittels Kirschnerdrähten und Schrauben zur Anwendung. In Abhängigkeit des Frakturtyps, des Alters der Patienten zum Unfallzeitpunkt, des Aufwandes des Osteosyntheseverfahrens und der Erfahrung des Operateurs betrug der Zeitraum der operativen Behandlungsdauer 10 Minuten bis hin zu 220 Minuten. Die mittlere Operationsdauer betrug 64 Minuten. Ausschlaggebend für die verhältnismäßig lange Dauer der Frakturversorgung von 3 Stunden und 40 Minuten war eine komplexe Frakturkonstellation (Epicondylus ulnaris und Condylus radialis), die intraoperativ auf Grund der Dislokation der Frakturelemente nur erschwert reponiert und mittels einer Kombination aus Kirschnerdraht und Schrauben osteosynthetisch

fixiert werden konnte (siehe Falldarstellung 1 - Seite 53). Die postoperative Immobilisation erfolgte durchschnittlich für 4,0 Wochen. Anhand der Ergebnisse der durchgeführten postoperativen radiologischen Kontrollen wurde über den Zeitpunkt der Bewegungsfreigabe des Ellbogengelenks entschieden. Die Patienten wurden postoperativ insgesamt fünf Mal (im Verlauf der ersten Woche - vor Entlassung aus der Klinik, zum Großteil nach 4-8 Wochen, zum Zeitpunkt der ME (4-30 Wochen), mehrheitlich nach 5-25 Wochen und zum Zeitpunkt des Behandlungsabschlusses (mindestens ein Jahr posttraumatisch)) nachuntersucht. Bei radiologisch nachgewiesener Konsolidierung der Fraktur wurde in Abhängigkeit des Frakturtyps bzw. des gewählten Osteosyntheseverfahrens, im Mittel nach 8,2 Wochen die Implantatentfernung in der Tagesklinik der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital durchgeführt. Im Falle eines 5-jährigen Patienten konnte die Entfernung des Osteosynthesematerials erst 24 Wochen postoperativ erfolgen. Das Vorliegen einer Ossifikationsstörung im Sinne eines „Morbus Panner“ war ausschlaggebend für die lange Latenzzeit bis zum Nachweis einer ausreichenden Konsolidierung der Fraktur (siehe Falldarstellung 2 - Seite 60). Das Gesamtkollektiv betreffend zeigte sich zum Zeitpunkt des Behandlungsabschlusses, mindestens ein Jahr nach der primären Frakturversorgung, bei 10 Patienten Komplikationen. In 5,7% handelte es sich um Auffälligkeiten von geringem Ausmaß, die keiner weiteren Therapie bedurften bzw. bei denen der Behandlungsabschluss erfolgen konnte. In 3,8% der Fälle waren dauerhafte Beeinträchtigungen, vor allem der Beweglichkeit des Ellbogengelenks oder der Ellbogenachse, zu verzeichnen. Bei einem Patienten mit Epicondylus ulnaris Fraktur zeigte sich eine Valgusfehlstellung von 15°. Diese war ohne funktionelle Einschränkung und bedurfte keiner weiteren Therapie. Im Verlauf einer komplexen Luxationsverletzung mit Fraktur des Epicondylus ulnaris kam es zu einer Fehlstellung in Valgusrichtung von 30° zusammen mit einem Bewegungsumfang nach Neutralnullmethode von 0/15/120. Im Falle einer Condylus ulnaris Fraktur war eine rein radiologisch sichtbare Wachstumsstörung augenscheinlich. Zahlenmäßig waren nach Condylus radialis Frakturen Auffälligkeiten zum Zeitpunkt des Behandlungsabschlusses am häufigsten vertreten. Drei Patienten zeigten Beeinträchtigungen der Extension von geringem Grade, die keiner weiteren Behandlung bedurften. Jeweils in einem Kasus waren eine Varusfehlstellung von 20° und das Bild einer übermäßigen Keloidbildung in Kombination mit einem Bewegungsdefizit (0/45/140) aufgetreten. Im Falle einer Patientin (siehe Falldarstellung 3 - Seite 72) war im Heilungsprozess nach Materialentfernung eine

Arthrofibrose diagnostiziert und mittels Arthrolyse behandelt worden. Im weiteren Verlauf kam es jedoch erneut zu einer Einschränkung der Beweglichkeit (0/45/110 nach Neutralnullmethode). Nach ausführlicher Beratung der weiteren therapeutischen Optionen entschieden sich die Patientin und die Erziehungsberechtigten zu diesem Zeitpunkt gegen ein weiteres operatives Vorgehen. Bei einem Patienten (Epicondylus ulnaris + Condylus radialis Fraktur) zeigte sich ein Extensions-/Flexionsdefizit mit einem Bewegungsumfang von $< 100^\circ$ (0/30/90 nach Neutralnullmethode). Vergleichbar mit Morrey [8] wurde den Eltern zur Arthrolyse geraten. Bis zur Auswertung dieser Arbeit hatten sich die Erziehungsberechtigten nicht zu einer weiteren operativen Therapie entschieden. Mit Ausnahme der oben genannten Luxationsfraktur des Epicondylus ulnaris zeigten sowohl alle übrigen isolierten Epicondylus ulnaris Frakturen, Condylus ulnaris Frakturen, Luxationsfrakturen, als auch alle bicondylären Y - Frakturen unseres Patientenkollektivs sehr gute Ergebnisse ohne das Auftreten von schwerwiegenden Komplikationen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass relevante dauerhafte Komplikationen in dieser Arbeit mit Condylus radialis Frakturen und der Frakturkombination von Epicondylus ulnaris und Condylus radialis assoziiert waren. Die Diskussion der Ergebnisse des Patientenkollektivs der Kinderchirurgischen Klinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital und der Datenlage bestehender Publikationen zeigt keine signifikanten Unterschiede bezüglich der epidemiologischen Basisdaten, des operativen Procederes und dem Auftreten von Komplikationen. Die Auswertung der Patientendaten und die Analyse der Ergebnisse zeigen, dass bei initial korrekter Diagnostik, präziser OP Indikationsstellung und adäquater Durchführung des gewählten Osteosyntheseverfahrens unter Berücksichtigung der Anatomie und des Wachstumspotenzials des Skelettsystems im Kindesalter regelhaft gute bis sehr gute Ergebnisse nach Frakturen am distalen Humerus erzielt werden können. Dies kann mit vorliegender Arbeit aufgezeigt und bestätigt werden. Um eine Erklärung für die Häufigkeit der Frakturen des Condylus radialis und des Epicondylus ulnaris, die sowohl in der Literatur, als auch in unserem Patientenkollektiv nachgewiesen werden konnte, zu finden, müssen zum einen anatomische Gegebenheiten, zum anderen biomechanische Aspekte des Frakturmechanismus berücksichtigt werden. Auf Grund der anatomischen Erscheinungsform der beiden Unterarmknochen erfolgt die Kraftübertragung im Falle eines Sturzes hauptsächlich handgelenksnah über den Radius. Proximal werden dann im Ellbogengelenk die einwirkenden Kräfte über den kleinflächigen Radiuskopf auf den Condylus radialis weitergeleitet und können hier zur Fraktur führen. In Bezug auf die Frakturen

des Epicondylus ulnaris spielt die häufige Korrelation mit Luxationen des Ellbogengelenks, zumeist nach dorsoradial, eine wesentliche Rolle. Zudem kommt die Tatsache, dass sich das Ellbogengelenk, um die maximale Stabilität zu gewährleisten, beim Abfangen eines Sturzes natürlicherweise in verriegelter Position (Dorsalextension des Handgelenks und Extension im Ellbogengelenk) befindet. Auf Grund der physiologischen Valgusstellung des Ellbogengelenks kommt es vermehrt zur Fraktur des Epicondylus ulnaris. Einen weiteren Aspekt in unserer Überlegung stellt die Analyse des Alters der Patienten zum Unfallzeitpunkt dar. Epicondylus ulnaris Frakturen treten vorwiegend ab dem 7. Lebensjahr in Erscheinung. Diese Feststellung begründet wiederum das gehäufte Auftreten der Epicondylus ulnaris Frakturen in Zusammenhang mit Ellbogenluxationen, die entwicklungstechnisch erst ab einem Alter von ca. 7 Jahren auftreten. Deutlich jünger (Kleinkindalter - frühe Kindheit) sind die Patienten bei Vorliegen einer Condylus radialis Fraktur. Auch das zeitliche Auftreten der einzelnen Knochenkerne im Verlauf der Entwicklung darf nicht außer Acht gelassen werden. Der Knochenkern des distalen radialen Humerus (Capitulum) wird um den 6. Lebensmonat radiologisch darstellbar, demgegenüber tritt der Kern des ulnaren Pfeilers erst um das 6. Lebensjahr in Erscheinung. Diese Tatsache unterstützt sowohl die Inzidenz der Condylus radialis Fraktur im Kleinkindalter bzw. in der frühen Kindheit, als auch das vermehrte Auftreten der Epicondylus ulnaris Fraktur jenseits des 7. Lebensjahres. Diese Gesichtspunkte liefern eine logische Erklärung für die vermehrte Inzidenz der Frakturen des lateralen Condylus und des medialen Epicondylus.

7. Literaturverzeichnis

- [1] R. Kraus, D. Schneidmüller und C. Röder, „Häufigkeit von Frakturen der langen Röhrenknochen im Wachstumsalter,“ *Deutsches Ärzteblatt*, p. 838–842, Dezember 2005.
- [2] R. Kraus und L. Wessel, „Frakturbehandlung an der oberen Extremität bei Kindern und Jugendlichen,“ *Deutsches Ärzteblatt*, pp. 903-910, Dezember 2010.
- [3] R. Bertolini, G. Leutert und P. Rother, Systematische Anatomie des Menschen, Stuttgart: Gustav Fischer, 1995.
- [4] H. Lippert, Lehrbuch Anatomie, München-Jena: Urban&Fischer, 2000.
- [5] K. Schmidt-Horlohé, L. Becker und R. Hoffmann, „Supra- und diakondyläre Frakturen des distalen Humerus,“ *OP-Journal*, pp. 4-12, Januar 2012.
- [6] R. Putz und R. Pabst, Sobotta - Atlas der Anatomie des Menschen Band 1, München-Jena: Urban&Fischer, 2000.
- [7] „www.wikibooks.org,“ 2006. [Online]. Available: http://de.wikibooks.org/wiki/Topographische_Anatomie:_Obere_Extremit%C3%A4t:_Oberarm#Literatur_und_Weblinks.
- [8] B. Morrey, „Post-traumatic contracture of the elbow,“ *The Journal of Bone and Joint Surgery*, pp. 601-618, April 1990.
- [9] B. Morrey und L. Askew, „A Biomechanical Study of Normal Functional Elbow Motion,“ *The Journal of Bone and Joint Surgery*, pp. 872-877, Juli 1981.
- [10] A. Benninghoff und D. Drenckhahn, Anatomie Band 1, München-Jena: Urban&Fischer, 2004.
- [11] H. Rössler und W. Rüter, Orthopädie und Unfallchirurgie, München: Urban & Fischer, 2005.
- [12] F. Hefti, Kinderorthopädie in der Praxis, Berlin-Heidelberg-New York: Springer, 2006.
- [13] L. v.Laer, R. Kraus und W. Linhart, Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter, Stuttgart: Thieme, 2012.
- [14] H.-G. Dietz, P. Illing, P. Schmittenbecher, T. Slongo und D. Sommerfeldt, Praxis der Kinder- und Jugendtraumatologie, Heidelberg: Springer, 2011.
- [15] I. Marzi, Kindertraumatologie, Berlin-Heidelberg: Springer, 2010.
- [16] R. Salter und W. Harris, „Injuries Involving the Epiphyseal Plate,“ *The Journal of Bone & Joint Surgery Br* 83 1753, pp. 587-622, April 1963.

- [17] Chriudel und Braegel, „www.commonswikimedia.org,“ 28 August 2008. [Online]. Available: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Epiphysenfrakturen_new.png.
- [18] M. Müller, S. Nazarin und P. Koch, Klassifikation AO der Frakturen, Springer-Verlag, 1979.
- [19] T. Slongo, L. Audigé, D. Schneidmüller und L. von Laer, „AO-Klassifikation für Frakturen im Kindesalter,“ in *Kindertraumatologie*, I. Marzi, Berlin-Heidelberg, Springer, 2010, pp. 20-24.
- [20] T. Slongo und L. Audigé, „www.aofoundation.org,“ September 2007. [Online]. Available: https://www.aofoundation.org/Documents/ao_pediatric_comprehensive_classification_long_bone_fractures.pdf.
- [21] L. v.Laer, R. Gruber, M. Dallek, H.-G. Dietz, W. Kurz, I. Marzi, P. Schmittenbecher, W. Linhart, T. Slongo, A. Weinberg und L. Wessel, „Classification and Documentation of Children’s Fractures,“ *European Journal of Trauma*, pp. 2-14, Februar 2000.
- [22] L. v.Laer und R. Kraus, „Die konservative Behandlung von Frakturen der langen Röhrenknochen im Wachstumsalter,“ *Der Unfallchirurg*, pp. 811-823, Oktober 2007.
- [23] „www.li-la.org,“ 2007. [Online]. Available: http://www.li-la.org/content/fileadmin/user_upload/public/anleitung.pdf.
- [24] L. v.Laer, A. Worel, C. Röder, A. El-Kerdi, L. Staub und A. Busato, „www.li-la.org,“ 2005. [Online]. Available: http://www.li-la.org/content/fileadmin/user_upload/public/qualitaetssicherung_traumatologie-von_laer_2005.pdf.
- [25] K. Lim, C. Woo, X. Chong, S. Ul-Alam und J. Allen Jr., „The isolated medial humeral epicondyle fracture treated nonoperatively: does fracture displacement change over time?,“ *Journal of Pediatric Orthopaedics*, pp. 184-190, Mai 2015.
- [26] H. Milch, „Fractures and fracture dislocations of the humeral condyles,“ *Journal of Trauma*, pp. 592-607, September 1964.
- [27] J. Duparc, Chirurgische Techniken in Orthopädie und Traumatologie, München: Elsevier, 2005.
- [28] D. G. f. Kinderchirurgie, „www.awmf.org,“ März 2015. [Online]. Available: http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/006-126l_S2k_Intraartikul%C3%A4re_Frakturen_distaler_Humerus_2015-03.pdf.
- [29] S. Breusch, H. Mau und D. Sabo, Klinikleitfaden Orthopädie, München - Jena: Elsevier Urban& Fischer, 2006.
- [30] L. Kinzl und F. Gebhard, Trauma-Taschenbuch, Berlin, Heidelberg: Springer - Verlag, 2013.

- [31] T. Kraus, S. Tauber und W. Linhart, „Posttraumatische Komplikationen am kindlichen Ellenbogen,“ *Der Orthopäde*, pp. 57-70, 11.01.2013.
- [32] S. Kirschner, „Engelhardt Lexikon Orthopädie und Unfallchirurgie,“ Springer - Verlag, 2014. [Online]. Available: http://www.lexikon-orthopaedie.com/pdx.pl?dv=0&id=x_xFr%C3%BChinfekt.
- [33] M. Sandfort, „Engelhardt Lexikon Orthopädie und Unfallchirurgie,“ Springer - Verlag, 2014. [Online]. Available: http://www.lexikon-orthopaedie.com/pdx.pl?dv=0&id=x_xSp%C3%A4tinfekt.
- [34] U. e. a. Gille, „Wikipedia - Refraktur,“ 2015. [Online]. Available: <https://de.wikipedia.org/wiki/Refraktur>.
- [35] B. Ulmar, A. Brunner, J. Schwarz, T. Kocak, U. Stöckle, T. Mittelmeier, F. Stuby und T. Freude, „Klinische Ergebnisse bei operativ versorgten kindlichen Frakturen des Epicondylus humeri ulnaris,“ *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie*, pp. 52-56, 2013.
- [36] A. Leet, C. Young und M. Hoffer, „Medial condyle fractures of the humerus in children,“ *Journal of pediatric orthopedics*, pp. 2-7, Januar - Februar 2002.
- [37] G. Benz und H. Roth, „Frakturen im Bereich des Ellbogengelenkes im Kindes- und Jugendalter,“ *Unfallchirurgie*, pp. 128-135, 1985.
- [38] P. Re, P. Waters und T. Hresko, „T-condylar fractures of the distal humerus in children and adolescents,“ *Journal of pediatric orthopedics*, pp. 313-318, Mai/Juni 1999.
- [39] V. Papavasiliou, „Fracture-separation of the medial epicondylar epiphysis of the elbow joint,“ *Clinical Orthopaedics and Related Research*, pp. 172-174, Nov.-Dez. 1982.
- [40] E. Hart, A. Turner, M. Albright und B. Grottkau, „Common pediatric elbow fractures,“ *Orthopaedic Nursing*, pp. 11-17, Januar-Februar 2011.
- [41] J. Davey, „American Academy of Orthopaedic Surgeons; Elbow Fractures in Children,“ 01 April 2015. [Online]. Available: www.aaos.org.
- [42] C. Wheelless, „Duke Orthopaedics - Wheelless' Textbook of Orthopaedics; Fracture of the Lateral Condyle in Children,“ 23 August 2015. [Online]. Available: http://www.wheellessonline.com/ortho/frx_of_the_lateral_condyle_in_children.
- [43] E. Watts, „Orthobullets - Lateral Condyle Fracture - Pediatric,“ 31 Januar 2016. [Online]. Available: <http://www.orthobullets.com/pediatrics/4009/lateral-condyle-fracture--pediatric>.
- [44] H. Gottschalk, E. Eisner und H. Hosalkar, „Medial epicondyle fractures in the pediatric population,“ *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, pp. 223-232, April 2012.

- [45] C. Wheelless, „Duke Orthopaedics - Wheelless' Textbook of Orthopaedics; Medial Epicondyle Fracture of the Humerus,“ 19 August 2015. [Online]. Available: http://www.wheellessonline.com/ortho/medial_epicondyle_fr_x_of_the_humerus.
- [46] T. Jones, „Orthobullets; Medial Epicondylar Fractures - Pediatric,“ 14 Januar 2016. [Online]. Available: <http://www.orthobullets.com/pediatrics/4008/medial-epicondylar-fractures--pediatric>.
- [47] K. Song und S. Jeon, „Osteochondral flap fracture of the olecranon with dislocation of the elbow in a child: a case report,“ *Journal of Orthopaedic Trauma*, pp. 229-231, März 2003.
- [48] E. Haxhija, J. Mayr, W. Grechenig und M. Höllwarth, „Treatment of medial epicondylar apophyseal avulsion injury in children,“ *Operative Orthopädie und Traumatologie*, pp. 120-134, Juni 2006.
- [49] R. Morger, „Verletzungen am kindlichen Ellbogen,“ *Zeitschrift für Kinderchirurgie*, pp. 717-736, November 1972.
- [50] F. Hefti, R. Jakob und L. v. Laer, „Frakturen des Condylus radialis humeri bei Kindern und Jugendlichen,“ *Der Orthopäde*, pp. 274-279, 1981.
- [51] E. Y. Andaloussi, B. Yousri, M. Aboumaarouf und E. M. Andaloussi, „Medial epicondyle fractures in children,“ *Chirurgie de la Main*, pp. 303-308, Dezember 2006.
- [52] K. Weise, E. Schwab und T. Scheufele, „Elbow injuries in childhood,“ *Der Unfallchirurg*, pp. 255-269, April 1997.
- [53] J. Herring, „Upper extremity injuries,“ in *Tachdjian's pediatric orthopaedics*, Philadelphia, WB Saunders Company, 2002, pp. 2139-2197.
- [54] F. Zanella und P. Piroth, „Prognosis of condylus-radialis-humeri fractures in children following conservative and osteosynthesis treatment,“ *Aktuelle Traumatologie*, pp. 115-120, Juni 1984.
- [55] P. Farsetti, V. Potenza, R. Caterini und E. Ippolito, „Long-term results of treatment of fractures of the medial humeral epicondyle in children,“ *The Journal of Bone and Joint Surgery, American Edition*, pp. 1299-1305, September 2001.
- [56] N. Ayubi, J. Mayr und S. K. Sesia, „Treatment of lateral humeral condyle fractures in children,“ *Operative Orthopädie und Traumatologie*, pp. 81-91, März 2010.
- [57] N. Tejwani, D. Phillips und R. Goldstein, „Management of lateral humeral condylar fracture in children,“ *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, pp. 350-358, Juni 2011.
- [58] J. Fowles und R. Rizkallah, „Intra-articular injuries of the elbow: pitfalls of diagnosis and treatment,“ *Canadian Medical Association Journal*, pp. 125-131, Januar 1976.

- [59] L. Jani, „Indications for osteosynthesis in fractures in children,“ *Helvetica chirurgica acta*, pp. 623-625, Dezember 1978.
- [60] J. Riedel, „Kinderchirurgie online; Die Condylus radialis-Fraktur im Wachstumsalter,“ 13 Juli 2005. [Online]. Available: http://www.kinderchirurgie.ch/e-journal/bd3nr1/bd3_nr1.html.
- [61] G. Taeger und D. Nast-Kolb, „Distale Humerusfrakturen beim Kind,“ *Der Unfallchirurg*, pp. 435-443, Mai 2001.
- [62] J. Fowles, N. Slimane und M. Kassab, „Elbow dislocation with avulsion of the medial humeral epicondyle,“ *The Journal of Bone and Joint Surgery (Br)*, pp. 102-104, Januar 1990.
- [63] M. Kiderlen und W. Schlickewei, „Intraartikuläre distale Humerusfrakturen im Wachstumsalter,“ *The Journal of Orthopaedics and Traumatology*, pp. 423-434, Oktober/November 2008.
- [64] D. Wahl und J. Friedrich, „Behandlungsergebnisse bei Abrissfrakturen des Epicondylus medialis humeri im Wachstumsalter,“ *Zentralblatt für Chirurgie*, pp. 1048-1055, 1986.
- [65] H. Lee, H. Shen, J. Chang, C. Lee und W. S.S., „Operative treatment of displaced medial epicondyle fractures in children and adolescents,“ *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, pp. 178-185, 2005.
- [66] R. Pathy und E. Dodwell, „Medial epicondyle fractures in children,“ *Current Opinion in Pediatrics*, pp. 58-66, Februar 2015.
- [67] M. Reed und D. Reed, „Acute ulnar nerve entrapment after closed reduction of a posterior fracture dislocation of the elbow: a case report,“ *Pediatric Emergency Care*, pp. 570-572, Juni 2012.
- [68] V. Vecsei, A. Perneczky und P. Polterauer, „Zur Therapie der Fraktur des Epicondylus medialis humeri,“ *Archiv für orthopädische und Unfall-Chirurgie*, pp. 233-243, Oktober 1975.
- [69] A. Kamath, K. Baldwin, J. Horneff und H. Hosalkar, „Operative versus non-operative management of pediatric medial epicondyle fractures: a systematic review,“ *The Journal of Children's Orthopaedics*, pp. 345-357, Oktober 2009.
- [70] D. Louahem, S. Bouelle, F. Buscayret, P. Mazeau, P. Kelly, A. Dimeglio und J. Cottalorda, „Displaced medial epicondyle fractures of the humerus: surgical treatment and results. A report of 139 cases,“ *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, pp. 649-655, Mai 2010.
- [71] K. Wilkins, J. Beaty und H. Chambers, „Fractures and dislocations of the elbow region,“ in *Fractures in children*, Philadelphia, Lippincott-Raven, 2001, pp. 653-904.

- [72] R. Letsch, K. Schmit-Neuerburg, K. Stürmer und M. Walz, „Intraarticular fractures of the distal humerus. Surgical treatment and results,“ *Clinical Orthopaedics and Related Research*, pp. 238-244, April 1989.
- [73] P. Hope, D. Williamson, C. Coates und W. Cole, „Biodegradable pin fixation of elbow fractures in children,“ *Journal of Bone and Joint Surgery (Br)*, pp. 965-968, November 1991.
- [74] V. Papavasiliou, S. Nenopoulos und T. Venturis, „Fractures of the medial condyle of the humerus in childhood,“ *Journal of pediatric orthopedics*, pp. 421-423, Juli - August 1987.
- [75] J. Kelly und C. Young, „Medscape; Medial Condylar Fracture of the Elbow Treatment & Management,“ 18 März 2015. [Online]. Available: <http://emedicine.medscape.com/article/91780-treatment>.
- [76] P. Chacha, „Fracture of the medical condyle of the humerus with rotational displacement. Report of two cases,“ *The Journal of Bone & Joint Surgery, Am*, pp. 1453-1458, Oktober 1970.
- [77] L. Landin und L. Danielsson, „Elbow fractures in children. An epidemiological analysis of 589 cases,“ *Acta Orthopaedica Scandinavica*, pp. 309-312, August 1986.
- [78] R. Cates und C. Mehlman, „Growth arrest of the capitellar physis after displaced lateral condyle fractures in children,“ *Journal of Pediatric Orthopaedics*, pp. 57-62, Dezember 2012.
- [79] K. Koh, S. Seo, K. Kim und J. Shim, „Clinical and radiographic results of lateral condylar fracture of distal humerus in children,“ *Journal of Pediatric Orthopaedics*, pp. 425-429, Juli-August 2010.
- [80] J. Ertl und H. Gellmann, „Medscape; Lateral Humeral Condyle Fracture,“ 10 Februar 2016. [Online]. Available: <http://emedicine.medscape.com/article/1231199>.
- [81] L. v.Laer, „Die Fraktur des Condylus radialis humeri im Wachstumsalter,“ *Der Unfallchirurg*, pp. 271-279, April 1998.
- [82] J. Wirmer, C. Kruppa und G. Fitze, „Operative treatment of lateral humeral condyle fractures in children,“ *European Journal of Pediatric Surgery*, pp. 289-294, August 2012.
- [83] J. Pribaz, N. Bernthal, T. Wong und M. Silva, „Lateral spurring (overgrowth) after pediatric lateral condyle fractures,“ *Journal of Pediatric Orthopaedics*, pp. 456-460, Juli-August 2012.
- [84] P. Engelhardt, „Intra-articular fractures of the elbow in childhood,“ *Der Orthopäde*, pp. 297-305, Juni 1988.
- [85] P. Schmittenbecher, G. Fitze, J. Lieber, I. Marzi, W. Schlickewei, D. Parsch, G. Spahn, C. Heyer und H.-J. Mentzel, „AWMF online; S2k-Leitlinie 006/126: Intraartikuläre Frakturen des distalen Humerus im Kindesalter,“ Januar 2007. [Online]. Available:

http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/006-126l_S2k_Intraartikul%C3%A4re_Frakturen_distaler_Humerus_2015-03.pdf.

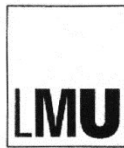
- [86] W. Linhart und L. von Laer, „Allgemeine Gesichtspunkte zur kindorientierten Behandlung von Verletzungen,“ *Der Orthopäde*, pp. 1169-1184, November 2005.
- [87] A.-M. Weinberg und H. Tscherne, Tscherne Unfallchirurgie: Unfallchirurgie im Kindesalter - Teil 1, Berlin: Springer, 2006.
- [88] P. Müntz, E. Kunter und M. Beckmann, „Conservative treatment of pediatric elbow fractures,“ *Der Orthopäde*, pp. 287-296, Juni 1988.
- [89] P. Josefsson, O. Johnell und B. Wendeborg, „Ligamentous injuries in dislocations of the elbow joint,“ *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 221-225 1987.
- [90] H. Carlioz und Y. Abols, „Posterior dislocation of the elbow in children,“ *Journal of Pediatric Orthopaedics*, pp. 8-12, Januar 1984.
- [91] I. Dizdarevic, S. Low, D. Currie, R. H. S. Comstock und A. Atanda, „Epidemiology of Elbow Dislocations in High School Athletes,“ *The American Journal of Sports Medicine*, pp. 202-208, Januar 2016.

8. Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
<	kleiner
>	größer
°	Winkelgrad
#	Fraktur
A.	Arteria
Abb.	Abbildung
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
Cond.	Condylus
CRIES	crying, requires oxygen administration, increased vital signs, expression, sleeplessness
CT	Computertomographie
d.h.	das heißt
dist.	distal
Dr.	Doktor
Epic.	Epicondylus
et al.	et aliud
et all.	et alii
Ex	Extension
Flex	Flexion
ggf.	gegebenenfalls
IE	Implantatentfernung
K-Draht	Kirschnerdraht
KUSS	kindliche Unbehagens- und Schmerzskala
Lig.	Ligamentum

LiLa	Verein für Licht und Lachen
M.	Musculus
ME	Metallentfernung
m	männlich
Min.	Minuten
mm	Millimeter
Mm.	Musculi
N.	Nervus
n	Anzahl
Nn.	Nervi
NNM	Neutral Null Methode
OP	Operation
postop	post operationem
prox.	proximal
R.	Ramus
S.	Seite
sog.	sogenannte
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
Tab.	Tabelle
u.a.	unter anderem
V.	Vena
V.a.	Verdacht auf
v.a.	vor allem
w	weiblich
Wo.	Wochen
z.B.	zum Beispiel

9. Anhang



LUDWIG-
MAXIMILIANS-
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN

ETHIKKOMMISSION BEI DER LMU MÜNCHEN



Ethikkommission · Pettenkoferstr. 8 · 80336 München

Sandra Teschemacher
Kinderchirurgische Klinik
Dr. von Haunersches Kinderspital
Lindwurmstr. 4
80337 München

Vorsitzender:
Prof. Dr. W. Eisenmenger
Telefon+49 (0)89 440055191
Telefax+49 (0)89 440055192
Ethikkommission@
med.uni-muenchen.de
www.ethikkommission.med.uni-muenchen.de

Anschrift:
Pettenkoferstr. 8a
D-80336 München

25.11.2015 Hb/ck

Unser Zeichen: **634-15** (bitte bei Schriftwechsel angeben)

Beratung nach Fakultätsrecht

Studientitel: Retrospektive Analyse von Frakturen am distalen Humerus im Kindesalter mit
Heilungsverlauf und Überlegungen zum Frakturmechanismus
Antragsteller: Sandra Teschemacher, Dr. Markus Lehner, Prof. Dr. hc Hans Georg-Dietz,
Kinderchirurgische Klinik, Dr. von Haunersches Kinderspital, Lindwurmstr. 4, 80337
München

Sehr geehrte Frau Teschemacher,

der Antrag zur o.g. Studie wurde auf der Basis der vorgelegten Unterlagen und Informationen
entsprechend § 15 der Berufsordnung und des Fakultätsrechts beraten.

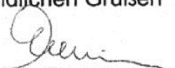
Die Ethikkommission (EK) erhebt keine Einwände gegen die Durchführung der Studie.

Allgemeine Hinweise:

- Änderungen im Verlauf der Studie sind der EK zur erneuten Prüfung vorzulegen.
- Schwerwiegende unerwartete studienabhängige Ereignisse sind der EK mitzuteilen.
- Das Ende der Studie ist anzuzeigen und das Ergebnis vorzulegen.
- Die ärztliche und juristische Verantwortung bei der Durchführung der Studie verbleibt uneingeschränkt bei Ihnen und Ihren Mitarbeitern.

Die Ethikkommission wünscht Ihnen für Ihr Vorhaben viel Erfolg.

Mit freundlichen Grüßen


Prof. Dr. W. Eisenmenger
Vorsitzender der Ethikkommission

Mitglieder der Kommission:
Prof. Dr. W. Eisenmenger (Vorsitzender), Prof. Dr. E. Held (stellv. Vorsitzender), Prof. Dr. C. Bausewein, PD Dr. Th. Beinert, Prof. Dr. B. Emmerich, Prof. Dr. H. U. Gallwas, Dr. B. Henrikus, Dr. V. Mönch, Prof. Dr. D. Nowak, Prof. Dr. R. Penning, Prof. Dr. K. Hahn, Prof. Dr. K. Pfeifer, Dr. A. Yassouridis, Dr. Ch. Zach

10. Danksagung

An erster Stelle gilt mein Dank Herrn Prof. Dr. med. D. von Schweinitz, der mir ermöglichte meine Arbeit in seinem Hause durchführen zu können.

Besonders danke ich Herrn Prof. Dr. med. H.-G. Dietz für die Überlassung des Themas, die Betreuung und Beratung, sowie die konstruktive Kritik und Durchsicht meiner Arbeit.

Ich möchte mich herzlich bei Herrn Dr. med. M. Lehner für die hervorragende Betreuung bei der Umsetzung meiner Arbeit bedanken. Er stand mir stets mit Rat und Tat zur Seite, und ich durfte jederzeit seine Hilfe in Anspruch nehmen.

Des Weiteren gilt mein besonderer Dank meinem Mann, meinem Sohn und meiner kleinen Tochter, ohne deren Toleranz und Unterstützung die Fertigstellung dieser Promotionsarbeit nicht möglich gewesen wäre.

Besonders danke ich auch meinen Eltern und Großeltern für ihre tatkräftige Unterstützung und die Ermöglichung des Studiums der Humanmedizin.